radio und fernsehen

Zeitschrift für Radio · Fernsehen · Elektroakustik und Elektronik

Bauanleitung: Transistorgleichspannungswandler für den Amateur

PREIS DM 2,00 · 10. JAHRGANG

VERLAGSPOSTORT LEIPZIG · FÜR DBR BERLIN

APRIL 1961

7





AUS DEM INHALT

OBSAH

СОДЕРЖАНИЕ

VEB VERLAG TECHNIK
Verlagsleiter: Dipl. oec. Herbert Sandig
Berlin C 2, Oranienburger Straße 13/14.
Telefon 42 00 19, Fernverkehr 42 33 91, Fernschreiber 01 1441 Techkammer Berlin (Technikverlag), Telegrammadr.: Technikverlag Berlin

radio und fernsehen
Verantw. Redakteur: Dipl. oec. Peter Schäffer
Redakteure: Adelheid Blodszun, Ing. Karl Belter, Ing. Horst Jancke, Ing. Oswald Orlik
Veröffentlicht unter ZLN 5227 der DDR

Alleinige Anzeigenannahme:
DEWAG-WERBUNG BERLIN, Berlin C 2, Rosenthaler Str. 28/31 u. alle DEWAG-Betriebe in den Bezirksstädten der Deutschen Demokratischen Republik. Gültige Preisliste Nr. 1

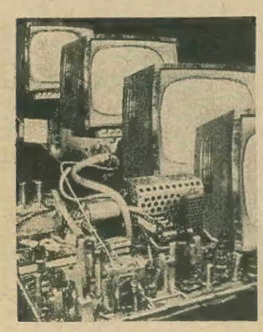
Druck: Tribüne Druckerei Leipzig III/18/36

Erscheint zweimal im Monat, Einzelheft 2,— DM

Bestellungen nehmen entgegen
Deutsche Demokratische Republik: Sämtliche Postämter, der örtliche Buchhandel, die Beauftragten der Zeitschriftenwerbung des Postzeitungsvertriebes und der Verlag
Deutsche Bundesrepublik: Sämtliche Postämter, der örtliche Buchhandel und der Verlag
Auslieferung über HELIOS Literatur-Vertriebs-GmbH, Berlin-Borsigwalde, Eichborndamm 141—167

Ausland:
Volksrepublik Albanien: Ndermarja Shetnore Botimeve, Tirana
Volksrepublik Bulgarien: Direktion R. E. P., Sofia, 11 a, Rue Paris
Volksrepublik China: Guozi Shudian, Peking, 38, Suchou Hutung
Volksrepublik Polen: P. P. K. Ruch, Warszawa, Wilcza 46
Rumänische Volksrepublik: Directia Generala a Postei si Difuziarii Presei Poltut Administrativ C. F. R. Bukarest
Tschechoslowakische Sozialistische Republik: Orbis Zeitungsvertrieb, Praha XII, Stalinova 46 und Bratislava, Leningradska ul. 14
UdSSR: Die städtischen Abteilungen „Sojuspechatj", Postämter und Bezirkspoststellen
Ungarische Volksrepublik: „Kultura" Könyv és hirlap külkereskedelmit vállalat, P. O. B. 149, Budapest 62
Für alle anderen Länder: VEB Verlag Technik, Berlin C 2, Oranienburger Straße 13/14

CONTENTS

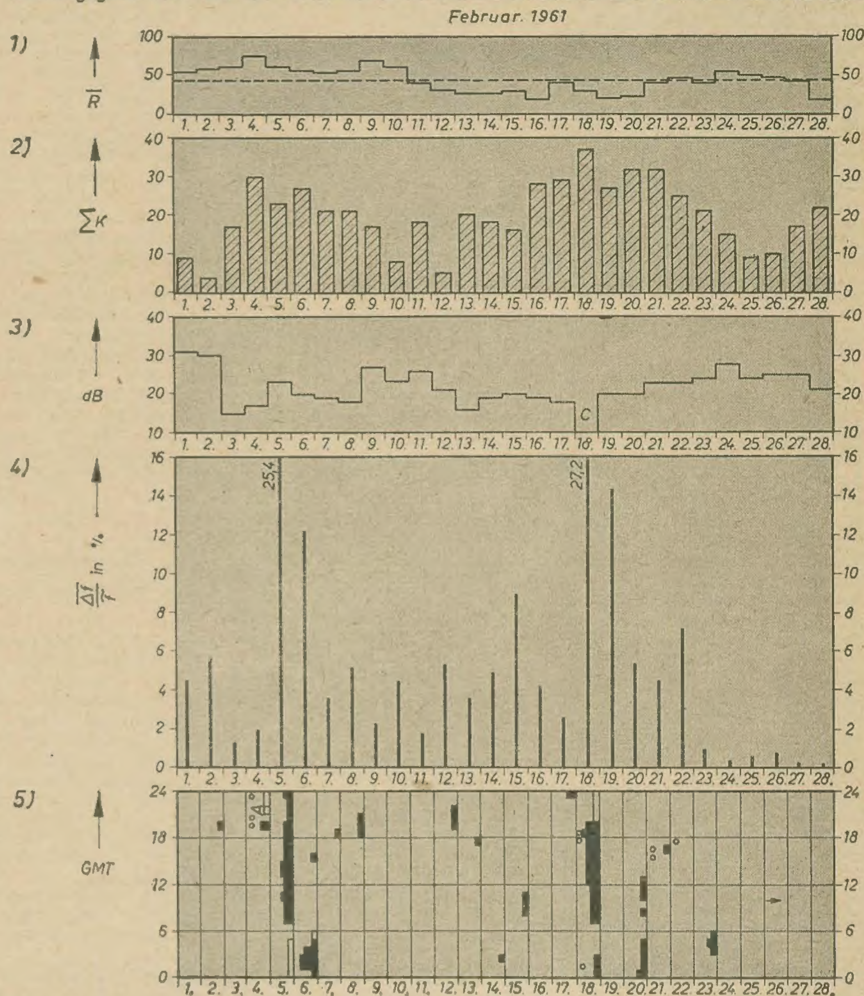


Titelbild:

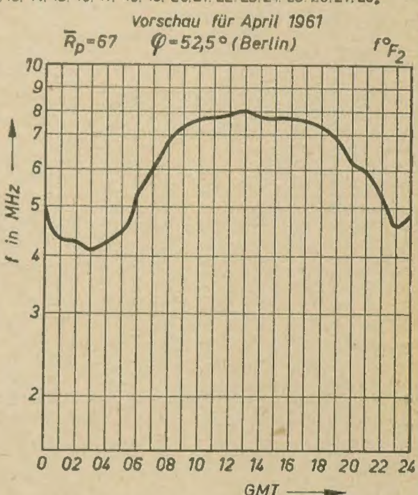
Unser Titelbild zeigt die Gehäuse- und Innenansicht des z. Z. modernsten ungarischen TV-Empfängers „Orion AT 611". Die Schaltungsbeschreibung finden Sie auf Seite 203. Foto: H. Blunck

Die KW-Ausbreitung im Februar 1961 und Vorschau für April 1961

Herausgegeben vom Heinrich-Hertz-Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin



1) Sonnenfleckenrelativzahlen (Zürich)
2) Tagessumme der erdmagnetischen Kennziffern (Wingst)
3) Mittagsdämpfung auf 3,86 MHz
C = Gerätestörung, F = Streuechos
4) Tagesmittel des relativen Abfalls der F_2-Grenzfrequenzen (Juliusruh/Rügen)
$\Delta f = \bar{f} - f_m$ für $\bar{f} < f_m$ $\Delta f = 0$
$\bar{f}$ = vorhergesagte Grenzfrequenz
f_m = gemessene Grenzfrequenz
5) relativer Abfall der F_2-Grenzfrequenzen (Juliusruh/R.) bezogen auf den vorhergesagten Wert
$\frac{\Delta f}{f}$ = 18 ··· 29 %
= 30 ··· 39 %
= 40 ··· 49 %
= 50 % und darüber
→ Mögel-Dellinger-Effekt bzw. Dämpfungseinbrüche (Neustrelitz/Juliusruh)
o plötzliche erdmagnetische Unruhe oder Schwankungsamplitude des Erdmagnetfeldes A ≧ 60γ bezogen auf eine Stunde
□ Streuecho A Abdeckung durch E-Schicht



Im nächsten Heft finden Sie unter anderem ...

Bericht von der Leipziger Frühjahrsmesse 1961:

- Fernsehen · Radio
- Elektroakustik · Meßtechnik und Elektronik
- Röhren und Halbleiter
- Bauelemente · Antennen
- Bauanleitung: 15-W-NF-Verstärker



▼ Von 1964 bis 1965 soll wiederum unter Beteiligung aller Nationen **ein Geophysikalisches Jahr** stattfinden.

▼ **Auf der Halbinsel Kola** wurde ein polares geophysikalisches Institut der Akademie der Wissenschaften der UdSSR geschaffen. Es werden unter anderem die Ionosphäre und die Ausbreitung von Radiowellen in diesen Breiten untersucht. Insbesondere sollen die Zusammenhänge und Bedingungen der hier häufig auftretenden Überreichweiten im Fernsehen und die Möglichkeit zu ihrer systematischen Nutzung erforscht werden.

▼ **In der UdSSR** wurde eine Spezialapparatur entwickelt, die es ermöglicht, Fernsehprogramme in zwei Sprachen zu gleicher Zeit zu senden.

▼ **Ein Radioteleskop mit zwei Armen von je 1,6 km Länge** wird in Sidney errichtet. Es arbeitet auf den Wellenlängen 75 cm und 3 m.

▼ **Zwischen Indonesien und der UdSSR** wurde ein Abkommen unterzeichnet, in dem sich die UdSSR zur Lieferung von zwei Atomreaktoren für friedliche Zwecke im Werte von 2 Mio Dollar sowie zur Ausbildung von Atomfachleuten verpflichtet.

▼ **Eine Fernsehverbindung zwischen Moskau und Warschau** soll im April dieses Jahres fertiggestellt werden.

▼ **Zum Vergießen von elektrischen Wicklungen, elektronischen Bauteilen** und sonstigen hochwertigen Geräteteilen kann ein neuer dünnflüssiger Silikonkautschuk mit hohem Kriechvermögen und gutem elektrischem Verhalten aus Westdeutschland verwendet werden. Die Silikonkautschukvergußmasse vulkanisiert nach Beimischung eines Härtungskatalysators schon bei Zimmertemperatur.

▼ **Ein künstliches Herz,** das in den Körper eingeführt werden kann, wurde gemeinsam von japanischen Ärzten und Spezialisten einer japanischen elektronischen Fabrik hergestellt. Dieser Apparat hat die Form eines Pferdehufeisens und ist nur 58 mm mal 60 mm groß. Ein ovaler Rotor inmitten des Apparates wirkt auf eine Gummitasche ein, die als Herz tätig ist. Das „künstliche Herz" gestattete einem Hund, während 13 Stunden zu leben.

▼ **Der 7. Fernsehsender der CSSR,** der für die Ostslowakei bei Prešov errichtet wurde, hat seinen Betrieb aufgenommen. Damit können die Fernsehsendungen in 90% des tschechoslowakischen Gebiets empfangen werden. Dieser neue Sender mit einem 300 m hohen Turm bildet eine Zwischenstation auf dem Radio-Tele-Weg zwischen der UdSSR und der CSSR.

▼ **Ein volltransistorisierter Rundfunksender** für Mittel- und Kurzwellen (bis 50 MHz) mit einer Leistung von 125 W wurde in Amerika entwickelt.

▼ **Berichtigung:** Im Heft 3 (1961) bitten wir auf Seite 70 in der Zusammenstellung der verwendeten Einzelteile den Wert für R_e von 1 MΩ in 1 kΩ abzuändern.

Erbsengroßer Akku für verschluckbare Magensonde

Ein erbsengroßer 1,2-V-Akku wurde von den Mitarbeitern der Entwicklungsabteilung des VEB Grubenlampenwerke Zwickau unter Leitung von Dipl.-Chem. Brackmann entwickelt. Diese Stromquelle ist in ihrer Abmessung mit einem Durchmesser von 6 mm äußerst klein. Die Neuentwicklung, mit der Messungen im Magen-Darm-Trakt vorgenommen werden können, wird für die Magen- und Darmsonde des Manfred-von-Ardenne-Instituts, Dresden, verwendet. Bei dem neuen 1,2-V-Akku besteht die Möglichkeit zum acht- bis neunmaligen Aufladen.

IV. Raumschiff der UdSSR

Am 9. 3. 1961 startete die Sowjetunion ihr IV. Raumschiff mit einer Masse von 4700 kg, die letzte Stufe der Trägerrakete nicht mitgerechnet. Der Satellit bewegte sich auf einer Bahn, die der vorausberechneten nahe war, und zwar mit einem Perigäum von 183,5 km und einem Apogäum von 248,8 km über der Erdoberfläche und mit einer Bahnneigung von 64° 56' zur Äquatorebene. In dem Raumschiff befanden sich eine Kabine mit dem Hund „Tschernuschka" und anderen biologischen Versuchsobjekten sowie telemetrische Anlagen, eine Fernseh- und eine Funkanlage für Bahnmessungen sowie eine Apparatur für Funkverbindungen. Die an Bord befindlichen Geräte arbeiteten während des Fluges normal. Nach Erfüllung des vorgezeichneten Forschungsprogramms landete das Raumschiff am selben Tage auf ein Kommando hin in dem vorgesehenen Raum auf dem Gebiet der Sowjetunion. „Tschernuschka" befand sich nach der Rückkehr wohlauf. Das Hauptziel des Starts des vierten sowjetischen Raumschiffes ist die weitestgehende Vervollkommnung der Konstruktion des Raumschiffes und der in ihm angebrachten Anlagen, die die notwendigen Bedingungen für einen Flug des Menschen in den Weltraum gewährleisten.

Bei einem neuen amerikanischen Weltraumversuch

am 21. 2. 1961 wurde eine Kapsel des Projektes Mercury von einer Atlasrakete in die Stratosphäre geschleudert. 21 Minuten nach dem Abschuß konnte die Kapsel an der vorgesehenen Stelle aus dem Meere geborgen werden.

In der Nacht zum 22. 2. 1961 versuchten die Vereinigten Staaten, ein Satellitenpaar auf eine Umlaufbahn um die Erde zu bringen. Nach Feststellungen von Wissenschaftlern soll der Versuch nur teilweise geglückt sein. Einige Anzeichen deuten darauf hin, daß sich beide Satelliten im Weltraum nicht — wie geplant — voneinander getrennt haben.

Französischer Raketenversuch

Von dem französischen Raketenversuchsgelände Hammaguir in der Sahara aus ist am 22. 2. 1961 eine Ratte mit einer „Véronique"-Rakete 150 km hoch geschossen und anschließend 45 km vom Abschußort entfernt lebend geborgen worden. Während des Fluges wurden die Reaktionen des Tieres durch Funk zur Erde übermittelt. Mit Hilfe von Elektroden, die in den Schädel und die Muskeln der Ratte einoperiert waren, wurden u. a. die Herztätigkeit, die Atmung und das Gleichgewichtsgefühl des Tieres gemessen. Die Bergung des Raketenkopfes soll mit Hilfe neuartiger Radar-Ortungsmethoden erfolgt sein.

Leipziger Frühjahrsmesse 1961 — ein voller Erfolg

Wie dem Abschlußkommuniqué des Ministeriums für Außenhandel und innerdeutschen Handel der Deutschen Demokratischen Republik über die Leipziger Frühjahrsmesse 1961 zu entnehmen ist, erreichten die Außenhandelsunternehmen der DDR Gesamtumsätze in Höhe von 4 Milliarden 718 Millionen DM. Das bedeutet eine Steigerung um 11,5% gegenüber den Geschäftsabschlüssen der Frühjahrsmesse 1960. Vom Gesamtumsatz entfallen auf die sozialistischen Staaten 3 Milliarden 466 Millionen DM und auf die Länder des kapitalistischen Weltmarktes 1 Milliarde 252 Millionen DM.

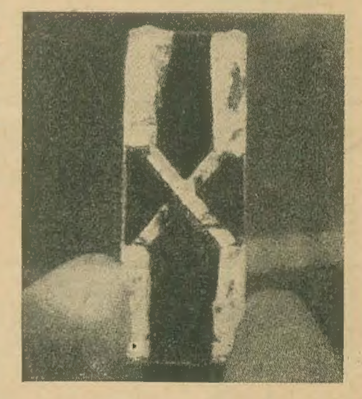
Im Umsatz mit den Ländern des kapitalistischen Weltmarktes (ohne innerdeutschen Handel) ergaben sich besonders erfreuliche Steigerungen. Es wurden mit diesen Ländern um 18,6% höhere Exportverträge und um 15,1% höhere Importverträge als im Vorjahr abgeschlossen. Dagegen blieben die Umsätze im innerdeutschen Handel hinter denen des Vorjahres zurück.

Neue Festkörpervorrichtung nimmt es mit Tunneldioden auf

Eine Vorrichtung, die einfach aus zwei durch eine Isolierschicht getrennte Metallfolien besteht, kann zur Herstellung einer Familie ganz neuer elektronischer Geräte führen, wie „Radio-Electronics" 1 (1961) zu entnehmen ist. Die bisher noch keine Bezeichnung führende Vorrichtung wurde von Ivar Giaever entdeckt, einem Mitarbeiter des Forschungslaboratoriums der General Electric. Sie zeigt den „Tunneleffekt" einer Tunneldiode bei viel niedrigeren Spannungen. Die Vorrichtung arbeitet bei einem Kelvingrad, bei dem die Metallfolien zu Supraleitern werden. Zu der einfachen Arbeitsweise der Vorrichtung erklärt Giaever: „Zunächst verdampfen oder bedampfen wir einen Aluminiumstreifen oder eine Aluminiumfolie auf einer Gleitfläche aus Glas und setzen dann die Aluminiumfolie einige Minuten lang der Luft aus, so daß sich auf ihrer Oberfläche eine sehr dünne natürliche Oxydschicht bilden kann. Schließlich verdampfen wir eine Bleifolie über der Aluminiumfolie. Dadurch wird die Aluminiumoxydschicht zwischen die beiden Metallfolien gebracht." Das Bild zeigt das Ergebnis. Der aktive Bereich der Vorrichtung ist jener Teil, in dem sich die durch die isolierende Aluminiumoxydschicht getrennten beiden Streifen kreuzen.

Wird die Temperatur bis auf 1,2 °Kelvin erniedrigt und eine Spannung an die durch Aluminium, Blei und Bleioxyd gebildete Einlage gelegt, so fließt ein Strom durch den Isolator. Diese „Durchtunnelung" findet nur statt, wenn die Isolierschicht dünn ist und eine Stärke von etwa 10 Atomen hat. Eine Spannungserhöhung erzeugt eine Stromkurve, die derjenigen der Tunneldiode ähnelt. Zwischen Null und 1 mV steigt der Strom allmählich an. Bei weiterer Erhöhung der Spannung bis auf etwa 3 mV fällt die Stromkurve steil ab, um dann wieder sehr schnell anzusteigen.

Dieser negative Widerstandseffekt ist von der Richtung des das Gerät durchlaufenden Stroms unabhängig, wogegen die Tunneldiode eine Einwegvorrichtung ist. Wenn auch Voraussagen über genaue Anwendungen der Vorrichtung noch verfrüht sind, so eröffnet der negative Widerstandseffekt doch Möglichkeiten als Verstärkeranwendung. Da die Supraleitfähigkeit durch ein Magnetfeld verringert oder unwirksam gemacht wird, könnte die Vorrichtung durch eine um den Kreuzmittelpunkt gewickelte Spule moduliert werden und dadurch einen Triodeneffekt er-



geben. Die Entdeckung, auf der sich alle jene künftigen Vorrichtungen aufbauen werden, ist noch so neu, daß alle sich aus ihr ergebenden Folgerungen noch nicht abzusehen sind. Sie ergänzt jedoch bereits die grundlegenden Erkenntnisse sowohl der Durchtunnelung als auch der Supraleitfähigkeit und ermöglicht einen neuen Zugang zur Entwicklung vielseitiger elektronischer Mikrominiaturbauteile. Beispielsweise kann in völlig neuer Weise eine einfache Vorrichtung entwickelt werden, die die Funktion eines Schalters, einer Diode, einer Diode mit negativer Widerstandskennlinie, einer Triode, eines Vorwiderstandes oder eines Kondensators übernehmen könnte.

radio und fernsehen

ZEITSCHRIFT FÜR RADIO · FERNSEHEN · ELEKTROAKUSTIK · ELEKTRONIK

10. JAHRGANG · 1. APRILHEFT 7 1961

REPARATURDIENST

Entwicklung, Perspektiven und Probleme

HORST JANCKE und OSWALD ORLIK

Der Reparaturdienst von Fernseh- und Rundfunkgeräten ist ein beliebtes, aber auch heikles Thema, über das schon viel geredet und geschrieben wurde. Manch harte Kritik mußten sich die entsprechenden Stellen gefallen lassen. Jeder neue Lichtblick wurde erst freudig begrüßt, meist aber überbewertet und dann verdammt. Das schwerwiegende war aber, daß der Kunde, also der Besitzer eines derartigen „kranken" Gerätes das Vertrauen zu unserem Handel und zu unserer Industrie verlor.

Dieses Thema gewinnt ständig an Aktualität, besonders jetzt, wo umfangreiche Importabschlüsse mit den Volksdemokratien getätigt werden und wo auch unsere Industrie alle Anstrengungen macht, ihre Produktionsziffern bedeutend zu erhöhen.

Um nun zu sehen, wie man jetzt an diese Probleme herangeht, wie man dem unausbleiblichen Mehranfall an Reparaturen begegnen will, hat unsere Redaktion die für Berlin wohl wichtigste Reparaturwerkstatt, den RFT-Kundendienst in Weißensee besucht. Sie wollte sich an Ort und Stelle von deren Zielen, Aufgaben, aber auch Sorgen berichten lassen.

1956 wurde diese Werkstätte als Reparaturabteilung des Industrieladens Stalinallee gegründet. Die Kapazität betrug zu dieser Zeit etwa 30 Geräte/Tag. Das war für die damalige Zeit schon ganz beachtlich und sogar als ausreichend zu bezeichnen. Man muß ja bedenken, daß der Anteil an TV-Geräten noch verschwindend gering und das Verhältnis: Reparaturwerkstätten/reparaturbedürftige Geräte relativ groß war.

Nach Loslösung vom Industrieladen Stalinallee und einigen verwaltungstechnischen Umstellungen wurde im Dezember 1959 die Reparaturwerkstatt verstärkt und als Schnelldienst mit Fahrzeugen ausgestattet. Diese Umstellung war notwendig, da die nun inzwischen stark anlaufende Fernsehgeräteproduktion auch einen vergrößerten Reparaturdienst erforderte. Von den großen Fernsehgeräteherstellern wurden Fachkräfte zur Verfügung gestellt, um dieser Aufgabe gerecht zu werden. Es gelang dadurch, täglich 60 ··· 70 Geräte zu reparieren. Selbst diese Erhöhung war jetzt aber bei weitem nicht mehr ausreichend, zudem konnte man die Aushilfe mit Fachkräften aus der Industrie nur als Übergangslösung betrachten. Daher wurde der RFT-Kundendienst am 1. 4. 60 dem VEB Sternradio Berlin angeschlossen, arbeitet aber vollkommen selbständig. Mit berechtigtem Stolz konnten uns der Leiter des RFT-Kundendienstes, Herr Stahl, und der Techn. Leiter, Herr Schülke, berichten, daß die tägliche Reparaturquote jetzt bei 120 TV-Geräten liegt. Davon entfallen etwa 80 ··· 90 Geräte auf den Außendienst, d. h. auf solche, die direkt beim Kunden instandgesetzt werden. Zu den 120 TV-Geräten kommen zusätzlich noch etwa 20 Rundfunkgeräte. Für den gesamten Arbeitsanfall stehen etwa 20 Mechaniker zur Verfügung. Diese hohe Produktivität geht nicht etwa auf Kosten der Qualität, das beweist eine durchschnittliche Reklamation von 1 %. Das ganze Geheimnis liegt in der richtigen Anwendung des Prinzips der materiellen Interessiertheit. Die Kollegen arbeiten in Brigaden. Je drei von ihnen haben sich zu einer Brigade zusammengeschlossen. Die Entlohnung richtet sich nach der Leistung der Brigade, d. h. die Mitglieder einer Brigade erhalten den gleichen Lohn. Jeder wird also bemüht sein, den anderen Kollegen bei einer evtl. besonders komplizierten Arbeit zu helfen.

Ein sozialistischer Wettbewerb zwischen den Brigaden und die kameradschaftliche Hilfe in den Brigaden führt nun zu den oben angeführten guten Ergebnis. Für den Fahrzeugpark sind die Kundendienstmechaniker selbst verantwortlich. Zu jedem Fahrzeug gehört ein bestimmter Mechaniker, der es beim Außendienst selbst fährt und voll betreut. Er bekommt natürlich für diese Tätigkeit eine besondere Vergütung. Um die Fahrzeuge stets einsatzbereit zu haben, wurde mit einer Autoreparaturwerkstatt ein Patenschaftsvertrag abgeschlossen. Defekte Fahrzeuge werden hierdurch innerhalb eines Tages überprüft bzw. repariert. Fast alle Mechaniker sind im Besitz einer Fahrerlaubnis.

Geräte, die im Außendienst nicht sofort repariert werden können, werden mit zur Werkstatt genommen. Wenn durch besondere Umstände die normale Reparaturzeit überschritten wird, steht eine begrenzte Anzahl von Leihgeräten zur Verfügung. Die normale Wartezeit bis zum Eintreffen des Reparaturdienstes liegt zwischen zwei und zwölf Tagen. Sie ist von der Entfernung des jeweiligen Stadtbezirkes bzw. vom Reparaturanfall abhängig.

Jedes instand gesetzte Gerät durchläuft vor der Auslieferung eine Gütekontrolle. Von dieser Stelle wird dazu noch die unbedingt notwendige Terminverfolgung durchgeführt.

Die Ausstattung der Werkstatträume entspricht noch nicht dem Idealzustand. Wenn man bedenkt, daß es sich hier ja um eine führende Reparaturwerkstatt handelt,



Bild 1: Fahrzeugpark des RFT-Kundendienstes vor dem Einsatz

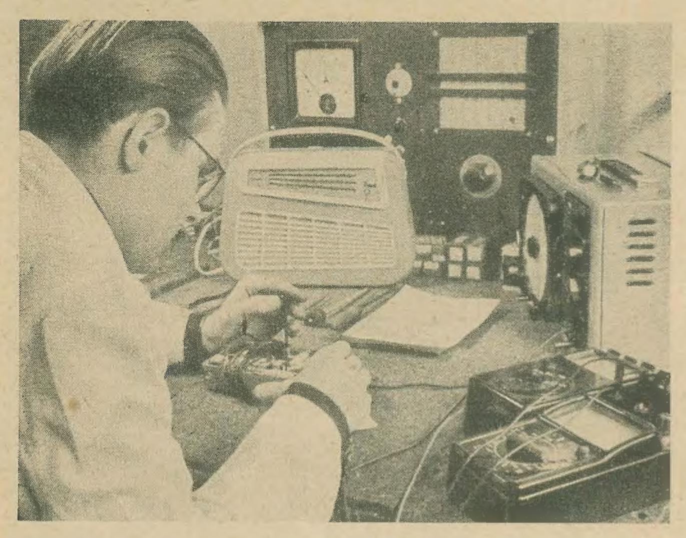


Bild 2: Abgleich des Taschenempfängers „Sternchen". Reparaturen am Koffer- und Taschenempfänger werden wegen des Geräuschpegels in einem gesonderten Raum ausgeführt



Bild 3: Reparatur von Rundfunkgeräten

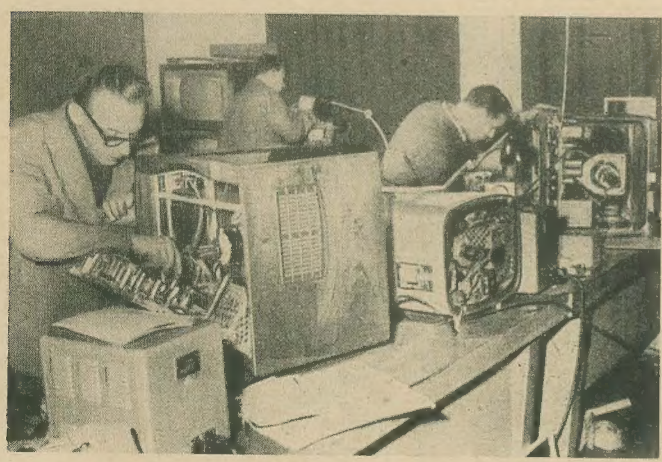


Bild 4: In diesem Raum werden die TV-Empfänger wieder instandgesetzt

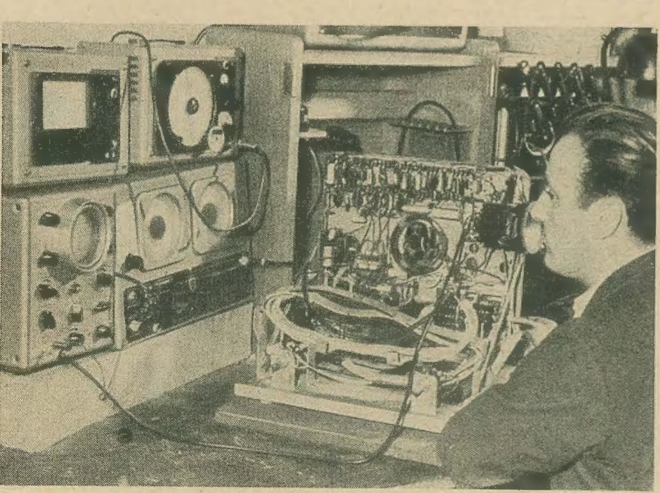


Bild 5: Meßplatz für TV- und Rundfunkgeräte

muß man die Räume als primitiv bezeichnen. Hier soll sich aber in absehbarer Zeit noch einiges ändern. Sowie im Hause einige z. Z. noch anderweitig belegte Räume frei werden, sollen sie überholt und mit modernen Installationen, wie Antennenanlagen, Stromversorgungsanlagen und entsprechenden Prüf- und Meßeinrichtungen versehen werden. Gleichzeitig ist an eine beträchtliche Erweiterung des Fahrzeugparks und an zusätzliche Arbeitskräfte gedacht. Wenn man bedenkt, daß in der DDR noch 1961 über 600000 neue TV-Geräte hinzukommen werden, sind auch alle diese Maßnahmen dringend erforderlich. Es ist nur zu hoffen, daß die Erweiterungspläne bald verwirklicht werden und daß dem RFT-Kundendienst alle nur erdenkliche Unterstützung gegeben wird.

Beachtenswert ist noch, daß es hier gelungen ist, innerhalb einer kurzen Zeit die Werkstätten von einem Defizit auf Gewinn umzustellen. Sie sind also in der Lage, sich nicht nur vollkommen selbst zu erhalten, sondern sogar einen zusätzlichen Gewinn an den Trägerbetrieb, dem VEB Sternradio-Berlin, abzuführen. Mit zentralen Werkstätten dieser Art ist auch ein viel besserer Kundendienst möglich, da man hier mit größeren Umlaufmitteln[1]) arbeitet, die einen größeren Lagerbestand ermöglichen. Somit ist man in der Lage, Ersatzteile, die sonst erst bestellt werden müssen, sofort in das Gerät einzubauen. Dadurch können die Wartezeiten erheblich verkürzt werden. Das ist, abgesehen vom volkswirtschaftlichen Nutzen, auch ein großer politischer Erfolg.

Verbesserungen des Reparaturdienstes

Der im vorhergehenden vermittelte allgemeine Überblick über die Arbeitsverhältnisse des RFT-Kundendienstes Weißensee zeigte,

---

[1]) Als Umlaufmittel bezeichnet man diejenigen materiellen bzw. finanziellen Mittel, die in den Materialvorräten, der unvollendeten Produktion und den noch im Lager befindlichen Fertigwaren gebunden sind, sowie die im Verrechnungsverkehr befindlichen und die flüssigen Mittel. Die Größe des Materialvorrats hängt also von der Höhe der Umlaufmittel ab. Im Verlauf des Produktionsprozesses vollziehen die Umlaufmittel einen vollständigen Kreislauf: d. h. als Material gehen sie in die Produktion ein, als Fertigwaren nehmen sie Warenform und nach dem Verkauf der Fertigwaren Geldform an, um mit dem Ankauf und der Verwendung von Material wieder in die Produktion zurückzukehren. Die Vollziehung des Kreislaufs bezeichnet man als Umschlag. Die wirtschaftliche Rechnungsführung verlangt, die Summe der Umlaufmittel so niedrig und die Anzahl der Umschläge so groß wie möglich zu machen, bzw. je größer die Zahl der Umschläge — oder mit anderen Worten: je höher die Umschlagsgeschwindigkeit —, um so kleiner kann die Summe der Umlaufmittel sein. Diesem Verlangen steht jedoch die Forderung nach einer ausreichenden, bedarfsgerechten Lagerhaltung gegenüber. Hier liegt also ein echtes Problem vor — höhere Umlaufmittel heißt nicht etwa nur mehr Geld, sondern mehr Bauelemente, die ungenutzt im Lager liegen —, das im Sinne der höchstmöglichen Befriedigung der Bedürfnisse unserer Bevölkerung gelöst werden muß.

Bild 6: Die alte Lochkarte für die Gerätegarantie (Vorder- und Rückseite)



Bild 7: — und so sieht der Umtausch garantiepflichtiger Röhren und anderer Bauelemente in der Praxis aus

daß der Ablauf der Reparaturarbeiten gut organisiert werden kann. Und doch gibt es noch Probleme, die dem RFT-Kundendienst am Herzen liegen, die aber nur in Verbindung mit übergeordneten Stellen geklärt werden können. Diese Probleme sind von allgemeinem Interesse und werden deshalb in unserer Zeitschrift behandelt.

Da ist zunächst das Lochkartenproblem. Bemängelt wird hierbei von Weißensee das unzweckmäßige Lochkartensystem, d. h., daß sehr viele Merkmale zu lochen sind, die andererseits jedoch nur eine geringe Auswertemöglichkeit bieten (Bild 6). Während eines Besuchs beim VEB Kundendienst in Leipzig wurde uns auch dort die Unzweckmäßigkeit des bisherigen Lochkartensystems bestätigt. Als Beispiel für diese Unzulänglichkeit wurde uns eine benutzte Lochkarte gezeigt, bei der die Spalten Drahtbruch, Bildkipp, Impulstrennstufe und Regelautomatik gelocht waren. Natürlich können bei einem Drahtbruch mehrere Funktionsglieder eines TV-Empfängers ausfallen, doch die Stelle des Drahtbruchs ist genau definiert, sie kann nur in einem Funktionsglied liegen. Bei dem angeführten Beispiel ist also eine Fehlerauswertemöglichkeit unmöglich. Dieses Beispiel zeigt auch, das dem Reparaturmechaniker mit dem bisherigen Lochkartensystem mehrere Varianten der Lochung bei einem bestimmten Fehler gegeben sind. Diese „Vielgleisigkeit" gilt es in Zukunft auszuschalten.

Aus diesem Grunde hat sich seit einem halben Jahr eine sozialistische Arbeitsgemeinschaft, bestehend aus Vertretern der Industrie und der Bezirksstellen des VEB-Kundendienstes, mit einem neuen Lochkartensystem beschäftigt. Es ist damit zu rechnen, daß die neuen Lochkarten in absehbarer Zeit in Umlauf gegeben werden. Eine grundlegende Änderung besteht z. B. darin, daß die neue Lochkarte fünf Hauptspalten für Röhren, Widerstände und Kondensatoren enthält. Davon entfallen je zwei Hauptspalten auf Röhren bzw. Widerstände, und eine Hauptspalte ist für die Kondensatoren belegt.

Die zwei Hauptspalten für Röhren bzw. Widerstände beinhalten die Aussage, ob der Ausfall des Bauelementes die Ursache oder eine Folge des Fehlers ist. Man erkennt nun schon, warum für die Kondensatoren nur eine Hauptspalte vorhanden ist; ein Kondensator wird wohl kaum durch Ausfall eines Widerstandes oder einer Röhre defekt werden. Die Hauptspalten fassen dann noch Einzelspalten zusammen, die die Herstellerfirmen kennzeichnen. Außerdem sind noch Spalten für die Teile vorhanden, für die das Geräteherstellerwerk die Garantie gibt, wie z. B. Kanalwähler und Zeilentrafo. Dieses Lochkartensystem ist zwar noch nicht offiziell bestätigt, doch wird sich an der grundlegenden Form kaum etwas ändern. Die Aussagekraft der neuen Karte ist also viel direkter. Mit ihrer Einführung ist man dann wieder einen Schritt weiter im Reparaturdienst gekommen.

Wir möchten hier jedoch die Frage stellen, ob sich nicht die Reparaturkarten noch weiter vereinfachen lassen. Im Grunde scheinen uns die Angaben: Gerätetyp, Gerätenummer, Werkabgang, Garantiebeginn, Positionsnummer laut Schaltplan des defekten Bauelements und Bauteile, wie Zeilentrafo, Kanalwähler und natürlich Datum zu genügen. Mit einer Erläuterung, wie sie ja schon bei der jetzigen Lochkarte gefordert wird, wären dann unserer Meinung nach alle wichtigen Angaben gegeben.

Eine weitere Sorge bereiten dem RFT-Kundendienst die Garantiekarten, die einen ziemlichen verwaltungstechnischen Aufwand erfordern. Um die Reparaturzeiten zu senken — und dies ist ja die primäre Forderung, die man an den Reparaturdienst stellen muß — werden die defekten Röhren durch andere aus dem eigenen Bestand ersetzt. Die defekte Röhre wird mit der Garantiekarte der zuständigen Bezirksstelle des VEB Kundendienstes zum Umtausch zugeschickt. Der Kunde bekommt dadurch zwar sein Gerät ziemlich schnell zurück, jedoch ohne Garantiekarte, die erst später mit der neuen Röhre in der Werkstatt eintrifft. Beim RFT-Kundendienst laufen also für eine Reparatur zwei Vorgänge parallel, nämlich der Umlauf der Garantiekarte und der des defekten Gerätes. Es sind daher zwei Vorgänge zu überwachen. Daß der RFT-Kundendienst mit diesem Zustand unzufrieden ist, kann man verstehen. Es gilt also, einen weniger umständlichen Weg zu finden.

Vielleicht bietet die Garantielasche der Röhrenverpackung eine Möglichkeit, einen neuen Weg zu finden. Es wäre zu prüfen, welche Nachteile z. B. ein solcher Umtauschablauf aufweist, bei dem bei Garantieanfälligkeit einer Röhre diese gegen eine aus dem eigenen Bestand ausgewechselt, die Nummer in der Garantiekarte eingetragen und die Garantielasche dem VEB Kundendienst eingeschickt wird. Zwei Vorteile dieses Verfahrens liegen klar auf der Hand. Zwischen der Reparaturwerkstatt und dem Kundendienst werden nun nicht mehr die Garantiekarte und die Röhre wechseln, sondern nur die kleine Garantielasche, zum anderen bleibt der Kunde im Besitz der Garantiekarte. Die Röhrennummer stimmt auch dann noch mit der eingetragenen Nummer in der Garantiekarte überein.

Wir wollen uns nun zum Abschluß mit einem Punkt beschäftigen, der entscheidend für die Verbesserung des gesamten Reparaturdienstes in der DDR ist. Bei dem jetzigen Zustand muß jede Reparaturwerkstatt sich kostenpflichtiges, d. h. nicht durch den Garantieanspruch gedecktes Material beim Versorgungskontor in Dresden bzw. Importmaterial bei

der DHZ in Magdeburg bestellen. Dies ist natürlich ein Zustand, der auf die Dauer untragbar ist. Sehen wir uns einmal die Bestellung des Inlandmaterials an. Benötigt die Reparaturwerkstatt X aus einem Ort in der DDR z. B. ein oder zwei Zeilentrafos, so gibt sie die Bestellung nach Dresden. Da sie als kleine Reparaturwerkstatt keine großen Umlaufmittel besitzt, ist es ihr auch nicht möglich, sich die Zeilentrafos auf Vorrat zu bestellen, da diese ja sofort zu bezahlen sind. Das Versorgungskontor Dresden bekommt nun im DDR-Maßstab unzählig viele kleine Bestellungen. Das Resultat ist also eine ziemlich lange Wartezeit für den Kunden, denn das Material wird in den meisten Fällen erst in einigen Wochen geliefert. Ebenso sieht es mit der Bestellung des Importmaterials aus. Um der Reparaturwerkstatt das Material schneller zukommen zu lassen, ist es also notwendig, in den einzelnen Bezirken Versorgungskontore einzurichten. Dadurch kann die Lieferzeit und damit die Reparaturzeit entscheidend gesenkt werden. Die Versorgungskontore müßten selbstverständlich Inlands- und Importmaterial führen.

In diesem Zusammenhang erscheint es auch zweckmäßig, die Werkstätten der Bezirksstellen des VEB Kundendienstes besser auszubauen, damit diese einen größeren Einfluß auf die Reparaturwerkstätten ausüben können. Die Werkstätten des Kundendienstes hätten ihre Berechtigung erst recht bei Einführung der industriellen Reparaturweise. Sie könnten dann das Bindeglied zwischen der Vielzahl der Reparaturwerkstätten und den Herstellerwerken sein.

Wir wollen noch einmal die Faktoren, die für eine Verbesserung des Reparaturdienstes ausschlaggebend sind, zusammenfassen: Verbesserung des Lochkartensystems, Vereinfachung des Garantieumtausches von Röhren, Schaffung von Versorgungskontoren in den Bezirken, die kostenpflichtige und Garantie-Ersatzteile führen, jedoch müßte dies zentral durchgeführt werden. Weiterhin sind mit Rücksicht auf die kommende industrielle Reparaturweise die Werkstätten der Bezirksstellen des VEB-Kundendienstes weiter auszubauen. Diese Werkstätten könnten auch mit Fachgeschäften gekoppelt sein.

Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung des Reparaturdienstes besteht darin, den Reparaturumfang zu senken. Dies läßt sich u. a. dadurch erreichen, daß der Verkauf von TV-Empfängern nur durch Fachgeschäfte erfolgt, die mit entsprechenden Reparaturwerkstätten (Werkstätten des VEB Kundendienstes) gekoppelt sind. Die im Fachgeschäft eintreffenden Geräte müßten dann vor dem Verkauf noch einmal überprüft werden. Außerdem bekommt der Kunde das Gerät fachgerecht vorgeführt und kann sich auch bei der Auswahl der Geräte beraten lassen. Die Werkstätten könnten bei dieser Koordinierung viel zur fachlichen Qualifizierung des Verkaufspersonals beitragen. Als Beispiel möchten wir hier den RFT-Industrieladen in Berlin, Stalinallee anführen.

Natürlich sind die hier gemachten Vorschläge noch nicht im einzelnen ausgearbeitet. Sie sollen aber zur Diskussion gestellt werden. Wir werden die Entwicklung des Reparaturdienstes weiter verfolgen und zu gegebener Zeit über sie berichten.

Die Leuchtstoffröhre als UKW- und Fernseh-Antenne

Prof. I. LIRPA

Vorgeschichte

Beim UKW-Empfang während eines Gewitters fiel auf, daß bei Blitzschlägen in unmittelbarer Antennennähe (etwa 500 m) der Empfang für wenige Millisekunden ganz wesentlich verbessert wurde. Die Empfangsverbesserung beruht auf einer starken Ionisierung der Luft für die Zeitdauer eines Blitzes. Diese Tatsache veranlaßte zum Nachdenken, wie man die Umgebung einer Antenne oder noch besser, die Antenne selbst ionisieren kann. Hier half der Zufall ein wenig nach. Ein Rundfunkgerät, welches mit einem eingebauten Gehäusedipol betrieben wurde, zeigte eine geringe Empfangsverbesserung, wenn die in unmittelbarer Nähe befindliche Leuchtstoffröhre eingeschaltet wurde. Die Verbesserung zeigte sich besonders deutlich bei Sendern, welche nur stark verrauscht zu empfangen waren. Hier wirkte das Einschalten der Leuchtstoffröhre wie ein kleines Wunder. Der eben noch verrauschte Empfang wurde gut und hätte fast für Tonbandaufnahmen genügt. Nach diesem zufälligen Erfolg wurde die ganze noch etwas mysteriös anmutende Angelegenheit systematisch noch etwas näher untersucht. Nachdem nunmehr eindeutig festgestellt war, daß eine Leuchtstoffröhre den UKW-Empfang günstig beeinflußt, lag es direkt auf der Hand, die Lampe selbst als Antenne zu benutzen.

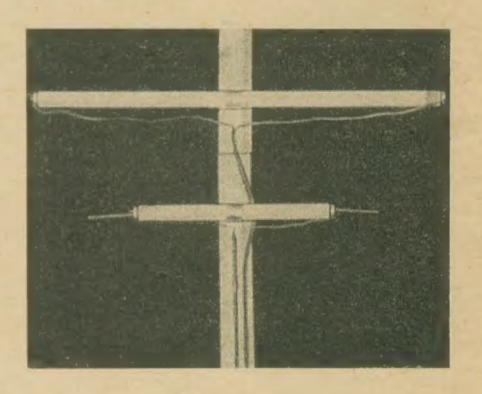
Praktische Ausführung

Man nehme eine Leuchtstoffröhre Typ 283/9 W. Die an den Seiten befindlichen Anschlüsse werden miteinander verbunden, damit die Induktivität der Heizwendel nicht stören kann. Zum Anschluß eignet sich die im Handel erhältliche UKW-Bandleitung 240 Ω. Etwa 80 cm dieser Leitung werden mit einer Schere aufgeschnitten und die so entstandenen Enden mit den Leuchtstoffröhrenanschlüssen verbunden. Es hat sich erwiesen, daß die Gasfüllung auf längere Zeit genügend ionisiert bleibt. Die Leuchtstoffröhre darf bei Betrieb als Antenne nie gleichzeitig an das Lichtnetz angeschlossen werden. Alte unbrauchbare Lampen lassen sich wieder ionisieren, indem man sie etwa fünf Minuten dicht an eine brennende Leuchtstoffröhre hält und die Lampen dabei langsam um ihre Achse rotieren läßt. So behandelte Lampen sind dann wieder für Monate verwendbar.

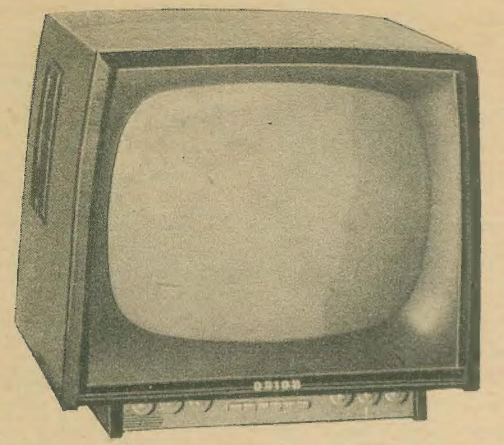
Empfangs- und Meßergebnisse sowie Anpassungsfragen

Die beschriebene Leuchtstoffröhren-Antenne wurde mehrere Monate mit einer Yagi-Antenne verglichen. Empfangen wurden im Empfangsbereich Dresden die Sender Kopenhagen 95,4 MHz und Wien 94,3 MHz.

Beide Antennen waren auf einem Balkon im dritten Stockwerk eines Wohnhauses montiert. Das Empfangsergebnis mit der Leuchtstoffröhren-Antenne im Vergleich mit der 5-Elementen-Antenne war einfach verblüffend. Die Sender Kopenhagen und Wien waren mit der Yagi-Antenne oftmals eben nur noch nachweisbar, während sie mit der Leuchtstoffröhren-Antenne sehr gut zu hören waren. Durch genaue Messungen ist inzwischen festgestellt worden, daß die Gasfüllung der neuen Antenne das Rauschen der Eingangsstufe zu negativen Werten absinken läßt. Der sich dadurch ergebende scheinbare Gewinn gegenüber einem gestreckten 70-Ω-Dipol beträgt etwa 18 dB. Bei Verwendung einer zweiten Leuchtstoffröhre als Reflektor ergeben sich 30 dB Gewinn.



Anpassungsfragen gibt es bei dieser Antenne nicht, da die Gasfüllung automatisch den Widerstand des angeschlossenen Kabels annimmt. Für Fernsehzwecke im Band III eignet sich besonders gut die Leuchtstoffröhre Typ 456/4 T, jedoch ist der Gewinn nicht so groß wie mit dem Typ 283/9 W für UKW. Dieser Nachteil läßt sich durch zwei kleine Blechstreifen, welche die Leuchtstoffröhre auf das Maß von 71 cm $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ — 6 % verlängert, beheben. Der Gewinn beträgt dann 12 dB ohne Reflektor. Die Bandbreite ist so groß, daß Kanal 5 ··· 11 spielend überstrichen werden kann. Bringt man einen Reflektor im Abstand $\frac{\lambda}{4}$ dazu, steigt der Gewinn und die Bandbreite um den Faktor 4. Das Vor-Rückwärtsverhältnis ist dann besser als 1 : 60. Für den Ortsempfang ergeben sich einige Schwierigkeiten (Erwärmung der Antennenspule). Durch Verwendung von 1 mm Konstantandraht als Antennenspule läßt sich auch dieser Mangel beheben. Wer bei Verwendung von althergebrachten Antennen noch über einen „Geist" zu klagen hatte, ist durch die Benutzung von Leuchtstoffröhren-Antennen völlig davon befreit.





TV-Empfänger ORION AT 611

Seit einiger Zeit ist in unserem Handel der aus der Ungarischen Volksrepublik importierte TV-Empfänger „Orion AT 611" erhältlich. Mit seiner 110° abgelenkten 53-cm-Bildröhre, seiner gedruckten Schaltung und seinem dem Service sehr entgegenkommenden Aufbau, sowie seiner Schaltungsautomatik, steht dieser unter den augenblicklich im Handel erhältlichen TV-Empfängern mit an erster Stelle. Sein Aufbau und seine Schaltungseigenschaften werden im folgenden beschrieben.

Mechanischer Aufbau

Der TV-Empfänger „Orion AT 611" besitzt, wie schon erwähnt, eine 110° abgelenkte 53-cm-Bildröhre. Die Vorderseite des Gerätes wird von der Bildröhre und der Bildblende ausgefüllt, unter denen eine schmale Schallwand aus weißem Kunststoff für die Hochtonlautsprecher mit verschiedenen Bedienungsknöpfen angeordnet ist. Die Funktion der Bedienungsknöpfe und Tasten ist aus Bild 1 zu entnehmen. Außer der Drucktaste für die Zeilenfrequenzautomatik sind sämtliche Tasten als feststehende ausgeführt. An der linken Geräteseite ist ein weiterer Lautsprecher und an der rechten Geräteseite der Schaltknopf für den Kanalwähler angebracht. Die Anordnung verschiedener Schaltbuchsen und weiterer Bedienungsknöpfe auf der Geräterückseite zeigt Bild 2.

Nach Abnehmen der Rückwand sind die Lötpunkte der gedruckten Schaltung zugänglich. Bild 3 zeigt die Ansicht bei abgenommener Rückwand. Auf der linken Druckplatte ist der ZF- und Tonteil aufgebracht, während die rechte Platte die Impuls- und Synchronstufen zusammenfaßt. Am oberen Teil des Chassis zwischen den beiden Druckplatten befindet sich die Nachstimmautomatik, der Netzteil und die Hochspannungsstufe sind am unteren Teil der rechten Chassisseite angebracht.

Das Chassis läßt sich in zwei Stufen herunterklappen. Die erste feste Stellung nach dem Herunterklappen befindet bei einer Neigung von etwa 45°, und nach Anheben läßt sich das Chassis vollständig herunterklappen, so wie es im Bild 4 zu sehen ist. Der Drucktastensatz und die Einstellpotentiometer, die auf der Schallwand der Hochtonlautsprecher montiert sind, sowie der Kanalwähler sind nach Abnehmen der Bodenplatte zugänglich. Die beiden Ansichten der Druckplatte, die den ZF- und den Tonteil trägt, zeigt das Bild 5. Aus diesem ist zu erkennen, daß neben den Bauelementen deren Positionszahlen angegeben sind.

Wirkungsweise der Schaltung

Am Eingang des Empfängers befinden sich zwei Antenneneingangsbuchsen, von denen die eine unmittelbar ohne Dämpfung mit den Eingangspolen verbunden ist und zum Empfang ferner Sender dient (Bild 6 s. S. 212 u. 213). Die andere Buchse ist mit entsprechender Dämpfung versehen und verhindert somit bei Nahempfang eine Übersteuerung. Das Eingangssignal gelangt an einen Antennenkoppelkreis, dessen Spulen sich in den Segmenten des Kanalwählers befinden. Die Primärspule dieses Kreises ist symmetrisch, die Sekundärspule asymmetrisch aufgebaut und dient zur Steuerung der Kaskodenvorverstärkerstufe, die aus der Spanngitter-Doppeltriode PCC 88 besteht. Diese Röhre zeichnet sich durch einen niedrigen Rauschpegel aus. Im Anodenkreis dieser Stufe befindet sich ein Bandfilter, das ebenfalls in den Segmenten des Kanalwählers montiert ist. Die Sekundärspule liegt am ersten Gitter der Mischpentode PCF 82. Die Mischung erfolgt additiv.

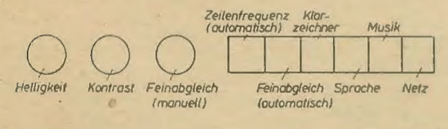


Bild 1: Bedeutung der Bedienungsknöpfe und Tasten, die auf der Vorderseite des Gerätes montiert sind

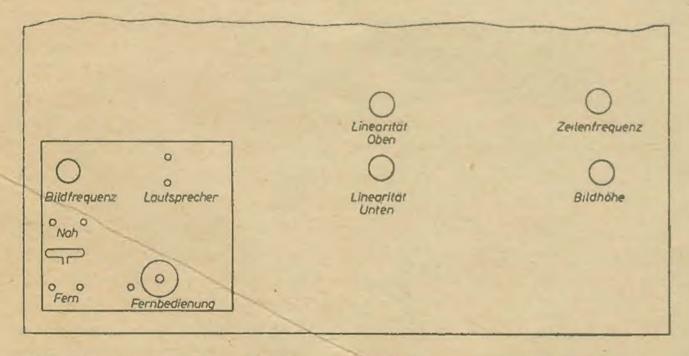
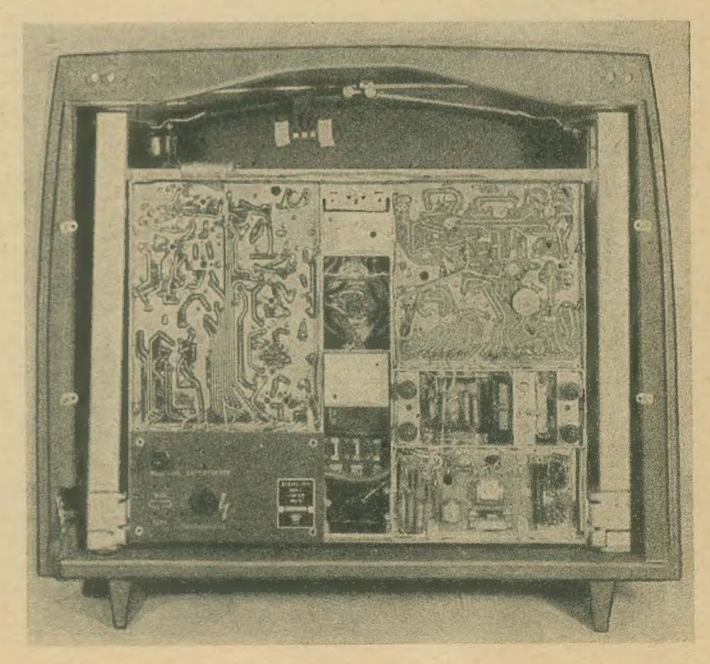


Bild 2: Schaltbuchsen und Bedienungsknöpfe der Rückseite des Gerätes

Bild 3: Rückansicht des Gerätes bei abgenommener Rückwand ▶



Die Oszillatorstufe ist mit einer Feinabgleichautomatik ausgestattet, deren Wirkungsweise später ausführlich beschrieben wird. Über den Oszillator, dessen Schwingkreise ebenfalls im Kanalwähler untergebracht sind, sei nur soviel erwähnt, daß eine Sonderschaltung vorgesehen ist, um die Bandumfassung am unteren und oberen Band gleichmäßig zu machen. Dies ist dadurch erreicht, daß die mit der Oszillatorspule parallel geschaltete Kapazität (C_{17}) von 2 pF bei entsprechenden Kanälen durch Umschalten des Kanalwählers kurzgeschlossen wird. Im Anodenkreis der Mischstufe befindet sich die Primärspule eines kapazitiv gekoppelten Bandfilters, deren Sekundärseite sich im Gitterkreis der ersten ZF-Verstärkerröhre EF 80 befindet.

Im Gerät ist ein Klarzeichner vorhanden, mit dem bei Drücken der entsprechenden Taste sich die Bildschärfe steigern läßt. Dabei wird das an das Gitter der ersten ZF-Verstärkerröhre (EF 80) gelangende Signal durch einen 39 MHz Saugkreis (L_{14}, C_{16}) gedämpft. Die niederfrequenten Komponenten um den Bildträger werden also künstlich geschwächt, die relative Verstärkung der hochfrequenten Komponenten wird größer und das Bild zeichnet sich klarer heraus. Der Klarzeichnerschalter kann in Fällen, wo die Bildschärfe unbefriedigend ist, z. B. bei Filmübertragungen, betätigt werden. Auf die richtige Abstimmung des Klarzeichnerkreises ist sorgfältig zu achten. Ist dieser nicht auf etwa 39 MHz abgeglichen, dann könnten die niederfrequenten Komponenten derart vermindert werden, daß der Bildgleichlauf beeinträchtigt wird. Sollten also Störungen im Gleichlauf auftreten, deren Ursache nicht geklärt ist, dann empfiehlt sich eine Prüfung des Klarzeichnerkreises.

Nach der Mischstufe folgen drei ZF-Verstärkerstufen in der üblichen Schaltung, deren Schwingkreise treppenweise abgeglichen sind. Induktiv mit den Schwingkreisen gekoppelt sind die Saugkreise, die zur Reduktion der einzelnen Frequenzen vorgesehen sind.

Die letzte ebenfalls mit einer EF 80 bestückte 6. ZF-Verstärkerstufe liefert über den letzten Schwingkreis die Spannung für die mit einer Germanium-Diode versehene Bilddemodulatorstufe. Die Diode steuert die Videoendstufe, die aus dem Pentodenteil der PCL 84 besteht und von der das demodulierte Bildsignal über parallel und in Reihe geschaltete Kompensationen an die Bildröhrenkatode gelangt.

Die Schaltung arbeitet mit getasteter Regelspannung. Die Regelspannung wird durch den Triodenteil der PCL 84 geliefert, dessen Anode Impulssignale vom Zeilenausgangstransformator zum Zwecke der Entstörung der AGC-Spannung erhält. Die ZF-Stufen erhalten die Regelspannung von der Triodenanode nach Spannungsteilung, während die Kaskodenstufe (PCC 88) die verzögerte Vorspannung über die Diode erhält, die durch das Suppressionsgitter und der Katode der $Rö_6$ gebildet ist. Die Verzögerung läßt sich durch ein Trimmerpotentiometer regeln.

Die Impulsabtrennstufe besteht aus der $Rö_6$ (ECH 81), die durch das volle Bildsignalgemisch gesteuert wird. Nach den üblichen Kreisen für Signalformung und Verstärkung aufgebaut, liefert die Impulsabtrennstufe separat die Gleichlaufimpulse, die zur Zeilen- und Bildablenkung erforderlich sind. Die Gleichlaufimpulse für Zeilenablenkung gelangen an eine Phasendetektor-Schaltung. Diese erhält weiterhin einen integrierten Sägezahnimpuls, der vom Zeilenausgangstransformator abgenommen wird. Liegt der Eingangsgleichlaufimpuls nicht an der entsprechenden Stelle auf der steilen Seite des Sägezahnimpulses, mit anderen Worten, sollte die Ablenkung nicht in Gleichlauf sein, so entsteht eine positive oder negative Fehlerspannung, je nach Abweichung. Dadurch wird die Gitterspannung des katodengekoppelten Multivibrators ($Rö_{14}$, ECC 82) beeinträchtigt. Die Multivibratorfrequenz wird also verändert und stellt die Phasenverhältnisse, das heißt den synchronisierten Zustand innerhalb des Wiederherstellungsbereich wieder her. Das Ausgangssignal des

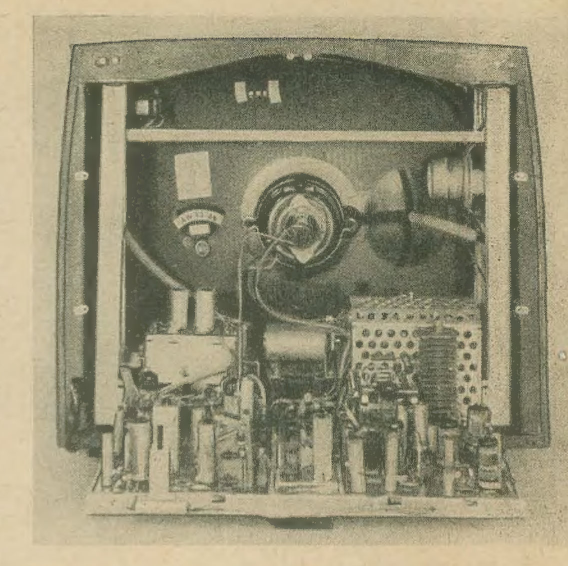


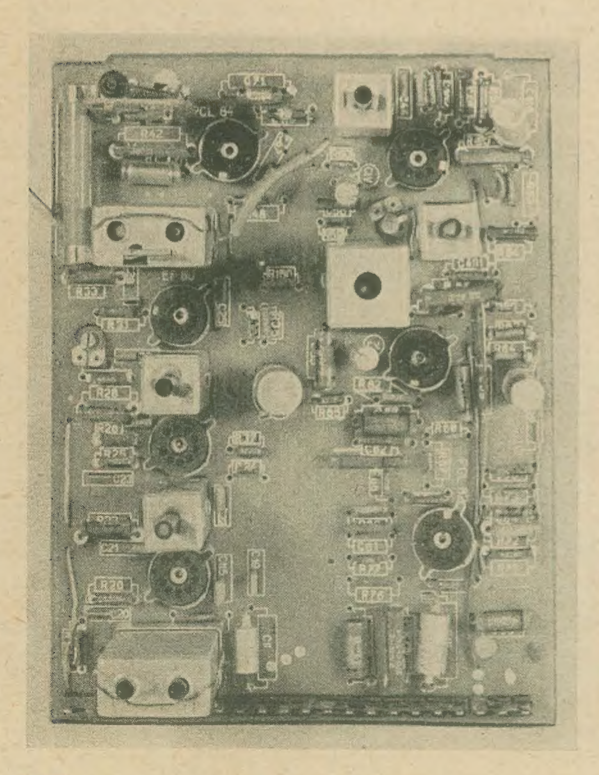
Bild 4: Herausgeklapptes Chassis

Multivibrators steuert die Zeilenendröhre $Rö_{16}$ (PL 36) unmittelbar, die mit dem üblichen Zeilenausgangstransformator verbunden ist. Dieser Teil der Schaltung enthält die Kreise der üblichen Booster-Diode, des Hochspannungsgleichrichters und der 110°-Bildröhre.

Das Bildgleichlaufsignal steuert die $Rö_{12}$ (PCL 82, Oszillator- bzw. Endstufe), die in Sperrschwingerschaltung arbeitet. Zur Vermeidung der Temperaturabhängigkeit der Bildablenkspulen ist ein NTK-Widerstand mit denselben in Reihe geschaltet.

ZF-Verstärkung

Die Zwischenfrequenz im Anodenkreis der Videoendröhre, wird an das Gitter der $Rö_9$ (EBF 89) geleitet. Es folgt die übliche ZF-Verstärkerstufe, dann die Begrenzerstufe und der Verhältnisdetektor. Das demodulierte Tonsignal gelangt nach der tonfrequenten Verstärkung an die Endröhre und von dort an die Laut-



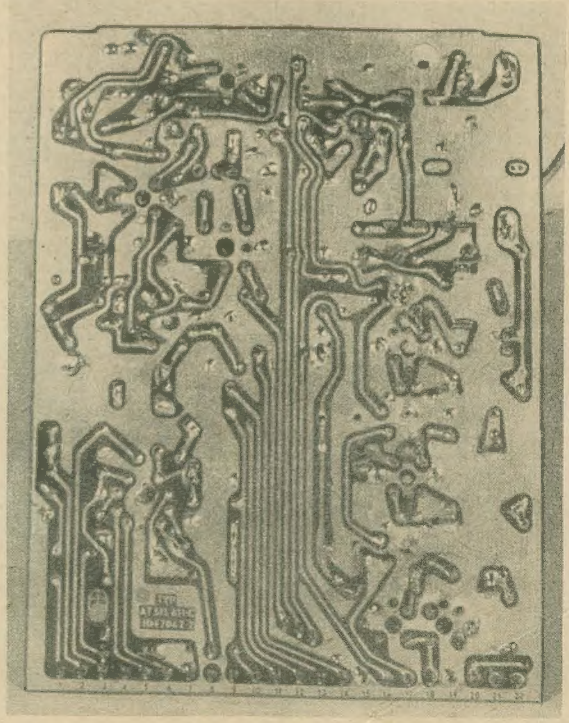


Bild 5: Die zwei Ansichten der Druckplatte, die den ZF- und den Tonteil trägt

sprecher. Es handelt sich bei den Lautsprechern um einen ovalen permamentdynamischen, ferner um zwei elektrostatische Einheiten. Die letzteren sind zur Hochtonanhebung vorgesehen. In der Schaltung befindet sich ein Klangregister-Schalter, durch den die Klangfarbe veränderbar ist. In der Position „Sprache“ des Klangregisters stellt sich eine ständige Klangfarbe ein, während in der Position „Musik“ die hohe und tiefe Komponente des Ausgangs-Tonfrequenzsignals unabhängig voneinander regelbar sind.

Zum Betrieb des Gerätes ist eine 220-V-Wechselspannung erforderlich. Die Netzgleichrichtung erfolgt durch Selengleichrichter. Im folgenden werden nun die einzelnen automatischen Stromkreise beschrieben, die der Bequemlichkeit des Benutzers dienen.

Feinabgleichautomatik

Um die Schaltung besser verfolgen zu können, ist im Bild 7 ein Schaltungsauszug aus dem Schaltplan dargestellt. Das Wesentliche darin ist, daß ein ZF-Signal, das vom letzten ZF-Übertrager abgenommen wird, eine Röhre V_1 steuert, in deren Anodenkreis ein auf 38 MHz, d. h. ein auf die Bildzwischenfrequenz abgestimmter Phasendiskriminator liegt. Dieser besteht aus den Bauelementen C_4, C_5, R_4, R_5, D_2, D_3 und den erforderlichen Spulen. Der Phasendiskriminator liefert über ein Filterglied Vorspannung an das Gitter 1 von V_1 und beeinflußt weiterhin den Stromkreis bestehend aus R_7, R_3, L_1, D_1, R_1. Stimmt die ZF, durch die die Röhre V_1 gesteuert wird, mit der nominellen Bildträgerfrequenz überein, so fließt ein gewisser Katodenruhestrom durch die Diode D_1, der die Scheinkapazität des Diodenkreises bestimmt. Ist das Eingangszwischenfrequenzsignal nicht 38 MHz, sondern davon abweichend, so wird die Vorspannung der Röhre V_1 sich positiv oder negativ verschieben. Dadurch werden der zur Vorspannung der Diode verwendete Gleichstrom und damit der Flußwinkel der Diode wie auch der durch sie fließende kapazitive Strom beeinträchtigt. Dies bedeutet nichts anderes, als daß die Frequenz des HF-Oszillators in einem Sinne sich verändert, der der ZF-Abweichung entgegengesetzt ist. Wenn die Feldstärke der empfangenen Sendung zu klein ist und eine Unsicherheit des Feinabgleichs entsteht, kann die Automatik ausgeschaltet werden. In solchen Fällen wird die Spannung über das Potentiometer P an die Diode D_1 gelegt, d. h. der Wert des erforderlichen Diodenstroms ist dann manuell einstellbar. Über eine weitere Kontaktlamelle des Automatikschalters — in dem Auszug nicht angegeben — liegt dann die Vorspannung über einen Spannungsteiler am Gitter der Röhre V_1. Zum richtigen Betrieb der Automatik ist es erforderlich, daß die Schwingkreise des Phasendiskriminators genau auf die Bildzwischenträgerfrequenz, d. h. auf 38 MHz abgeglichen sind.

Bild 7: Feinabgleichautomatik

Zeilengleichlaufautomatik

Die Betätigung der automatischen Zeilengleichlaufregelung ist dann erforderlich, wenn die Frequenz des Ablenkgenerators derart von der Frequenz der Gleichlaufimpulse abweicht, daß der Phasendetektor nicht mehr imstande ist, den Gleichlauf durchzuführen. Ist der im Bild 8 im Katodenkreis der Röhre V_2 angebrachte Schalter S_1 geschlossen und erhält das Gitter von V_2 negative Gleichlaufimpulse über den Kondensator C_3, so erscheinen an der Anode von V_2 die positiven Impulse verstärkt. Diese legen an den im Anodenkreis des Multivibrators untergebrachten Schwingkreis C_4, L_4, der annähernd auf die Zeilenfrequenz abgestimmt ist, eine Impulsspannung, die dem Multivibrator das richtige Potential gibt. Es liegt also ein unmittelbarer Gleichlauf vor.

Der direkte Gleichlauf soll behoben werden, sobald die Frequenz des Multivibrators mit jener der Gleichlaufimpulse übereinstimmt. Dies besorgt die Röhre V_1. Ihre Anode erhält vom Zeilenausgangstransformator eine positive Impulsspannung. Gleichzeitig erhält auch das Gitter positive Gleichlaufimpulse, die bei Nichtgleichlauf von den Impulsen der Anode in der Phase abweichen. Die Röhre arbeitet dann mit geringerem Anodenstrom. Positive Impulse gleicher Phase erhalten jedoch Gitter und Anode der Röhre V_1, sobald der Gleichlauf sich einstellt. Der Röhrenstrom wird infolgedessen beträchtlich anwachsen. An der Anode, d. h. am Verbindungspunkt R_2, R_3, R_4 wird das Potential negativer, das über R_5 auch am Gitter der Röhre V_2 liegt. Damit wird die Röhre V_2 gesperrt, und der direkte Gleichlauf hört auf. Da der direkte Gleichlauf empfindlich gegen Störungen ist — es entstehen dann auf dem Bildschirm sichtbare Signale —, ist der Schalter S_1 (Zeilenfrequenz automatisch) als Drucktaste ausgebildet. Der Kreis für den unmittelbaren Gleichlauf wird also nur solange eingeschaltet, bis der Ablenkgenerator sich auf die genaue Frequenz der Gleichlaufimpulse einstellt.

Automatische Regelung der Bildhöhe

Bei schwankender Netzspannung wird die Amplitude der Bild- und Zeilenablenkung ebenfalls Schwankungen aufweisen. Die in die Schaltung eingebaute automatische Bildhöhenregelung soll diese Schwankungen vermeiden. Zum besseren Verständnis zeigt Bild 9 wieder einen Schaltungsauszug.

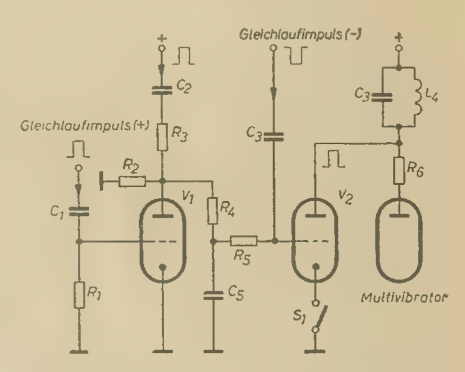


Bild 8: Automatische Zeilengleichlaufregelung

Die Zeilenendverstärkerröhre V_1 erhält Sägezahnimpulse über den Kondensator C_1. Durch die aus Gitter und Katode gebildete Diode entsteht an den Widerständen R_1 und R_2 durch den Stromfluß negatives Potential. Die Röhre V_1 arbeitet dadurch im C-Betrieb.

Die Anode der Röhre V_2 erhält über den Kondensator C_2 positive Impulse vom Zeilenausgangstransformator, die auch gleichzeitig am Gitter über einen etwa 1 : 10 ausgelegten kapazitiven Spannungsteiler liegen. Ein spannungsabhängiger Widerstand befindet sich in der Katode, dessen Arbeitspunkt durch Widerstand R_6 eingestellt ist. Katode und Gitter erhalten durch den Spannungsteiler R_6, R_5, VDR, R_4 und R_3 positives Potential gegen Masse.

Wird nun die Amplitude der Zeilenablenkung aus irgendeinem Grund größer, so steigert sich auch die Amplitude der positiven Impulse, die vom Zeilenausgangstrafo abgenommen werden. Über den Spannungsteiler an das Gitter der Röhre gelangt, steigern diese den Anodenstrom. Die Zeitkonstante für den Kondensator C_3 ist so angelegt, daß die Ladung des Kondensators den Impulsen nicht folgen

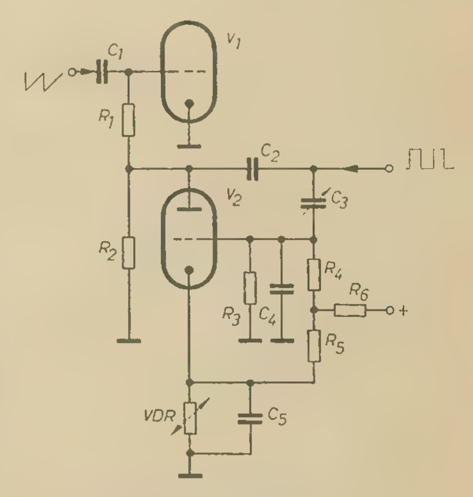


Bild 9: Automatische Bildgrößenregelung

kann. Der Kondensator besitzt also einen mittleren Spannungswert, der aus den Impulsen gebildet wird. Am Widerstand R_3 liegt damit eine zusätzliche Gleichspannung. Werden nun, wie schon erwähnt, die Impulse größer, so steigt auch der Anodenstrom der Röhre V_2. An der der Anode zugekehrten Seite des Kondensators sammeln sich größere Mengen von Elektronen, und das Potential am Widerstand R_2 wird damit negativer. Die Röhre V_1 besitzt nun einen anderen Arbeitspunkt, womit sich der Anodenstrom dieser Röhre verringert. Im umgekehrten Fall, bei Verringerung der Impulse, wird die Vorspannung von V_1 positiver.
Die Anodenspannung des Bildablenkgenerators besteht aus der Spannung, die durch die Boosterdiode zurückgewonnen wurde. Da nun diese Spannung von der Amplitude der Zeilenablenkung abhängt, ist bei stabiler Zeilenablenkspannung auch die Amplitude der Bildablenkung automatisch stabilisiert.
Es sei noch erwähnt, daß durch Einstellung des Trimmerkondensators C_3 die Teilung des aus den Kondensatoren C_3, C_4 bestehende Spannungsteiler beeinflußt werden kann, und folglich jede beliebige Zeilenamplitude zwischen den gegebenen Grenzen einstellbar ist.

Automatische Regelung für Kontrast und Helligkeit

Die Kontrastregelung erfolgt auf eine recht interessante Art.
Das Gitter der Röhre V_2 (Bild 10) erhält positive Spannung über den Spannungsteiler P_1, P_2 und R_3. Gleichzeitig erhält die Anode über den Widerstand R_4 positive Spannung. Die Röhre ist in Katodenfolgeschaltung geschaltet, ihr Katodenwiderstand ist die Videoröhre, deren Abschirmgitter mit der Katode der Röhre V_2 verbunden ist.
Vergrößert man die positive Spannung am Gitter der Röhre durch P_2, so erhöht sich gleichzeitig die Katodenspannung — da es sich um eine Katodenfolgeschaltung handelt — um denselben Wert. Damit erhöht sich die Abschirmgitterspannung der Videoröhre V_1 und der Anodenstrom dieser Röhre steigt an. Der

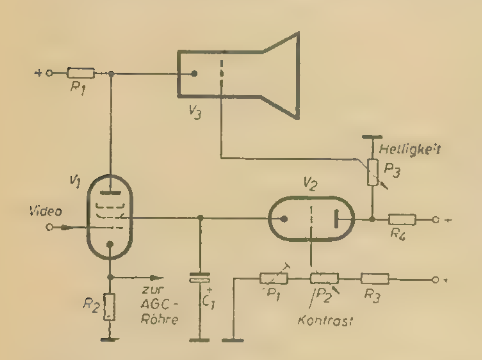


Bild 10: Automatische Regelung des Kontrastes und der Helligkeit

damit verbundene Spannungsabfall am Widerstand R_2 beeinflußt wiederum die Taströhre. Damit wird die Verstärkung der HF- und der ZF-Stufen geregelt und die vollkommene Kontrasteinstellung erreicht.
Es ist erwähnt worden, daß mit der Veränderung des Kontrasts auch der Anodenstrom der Videoendröhre V_1 sich ändert. Da jedoch die Katode der Bildröhre V_3 mit der Anode der Videoendröhre galvanisch gekoppelt ist, könnte der Fall eintreten, daß die Helligkeit sich mit dem Wechsel des Kontrastes gleichzeitig verändert. Die Regelspannung für das Regelgitter der Bildröhre wird darum vom Potentiometer P_3 abgenommen. Wenn nun der Anodenstrom der Röhre V_1 zunimmt, bzw. das Potential der Bildröhrenkatode sich in negativer Richtung verschiebt, so wird sich auch die Gitterspannung der Bildröhre durch Spannungsteilung von R_4, P_3, V_3 in negativer Richtung verschieben und die vorige Verschiebung kompensieren. Die Spannung des Katodengitterkreises der Bildröhre hängt damit nicht mehr vom Anodenstrom der Videoendröhre ab und die Helligkeit ist unabhängig vom Kontrast. Die Regelung der Helligkeit läßt sich weiterhin mit P_3 vornehmen.

Zweibasistransistoren und ihre Anwendung

Dipl.-Ing. K. ECKERT

Der nachfolgende Beitrag vermittelt einen kleinen Überblick über die Wirkungsweise und die Anwendung der Zweibasistransistoren als selbsterregte Vierpole und als Bauelemente mit ein oder zwei stabilen Zuständen.
Dieses neue Bauelement wurde bereits in radio und fernsehen 21 (1960) S. 675 und 676 erwähnt.

Zweibasistransistoren besitzen zwar wie die üblichen Transistoren drei Elektroden, diese üben jedoch die Funktion als Emitter, Basis 1 und Basis 2 aus. Es ist nur ein pn-Übergang vorhanden. Der übliche Kollektor fehlt, stattdessen ist noch ein zweiter Basisanschluß angebracht. Jede der drei Elektroden kann als Eingang oder Ausgang benutzt werden. Durch die Empfindlichkeit gegenüber Spannungsschwankungen besteht eine gewisse Ähnlichkeit zum Thyratron. Die Bilder 1 und 2 zeigen die Prinzipschaltung sowie den Aufbau eines Zweibasistransistors.
Die Wirkungsweise dieser Zweibasistransistoren beruht auf der Beeinflussung des spezifischen Leitwertes des Halbleitermaterials zwischen Emitter und Basis 1. Der Leitwert ergibt sich zu:

$$\sigma = q\,(\mu_p + \mu_n\, m).$$

Darin bedeuten:
q die Elementarladung $= 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ As,
μ_p die Beweglichkeit der Löcher (für Silizium 250 $cm^2\,V^{-1}\,s^{-1}$),
μ_n die Beweglichkeit der Elektronen (für Silizium 1200 $cm^2\,V^{-1}\,s^{-1}$) und
m eine Transistorkonstante (0 ··· 1), diese ist relativ unabhängig von U_{BB}, sondern nur eine Funktion des Abstandes Emitter-Basis 1 bzw. Emitter-Basis 2.

Legt man Basis 2 an eine positive Spannung U_{BB}, so besitzt die n-Seite des Emitterkontaktes auf Grund des Aufbaues das Potential mU_{BB}. Ist $U_E < mU_{BB}$, so ist die pn-Schicht in Sperrichtung vorgespannt, es fließt nur der kleine Sperrstrom I_{EO}. Ist $U_E > mU_{BB}$ (U_E mindestens um den Spannungsabfall der Emitterdiode in Flußrichtung größer), so gelangen Löcher in das n-Gebiet, die infolge des Feldes zwischen Basis 1 und Basis 2 nach Basis 1 strömen. Dadurch wird der Leitwert erhöht bzw. positiv moduliert. Die Emitter-Basis 1-Zone erhält als Folge die Charakteristik eines negativen Widerstandes.
Bild 3 zeigt die Kennlinie eines Zweibasistransistors. Der Bereich des negativen Widerstandes liegt zwischen Maximum (Gipfelpunkt) und Minimum (Talpunkt). Links vom Maximum liegt der Sperrbereich, rechts vom Minimum liegt das Sättigungsgebiet, in dem der Leitwert durch Rekombination von Löchern und Elektronen begrenzt wird. Im Bild 4 wird eine einfache Oszillatorschaltung dargestellt.
Zweibasistransistoren werden bereits hergestellt von der General Electric unter dem Namen UJT und von der Fa. R. Rost, Hannover, unter dem Namen S-Transistor (Schalt- oder

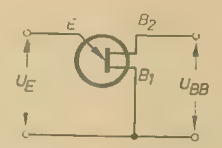


Bild 1: Prinzipschaltung eines Zweibasistransistors

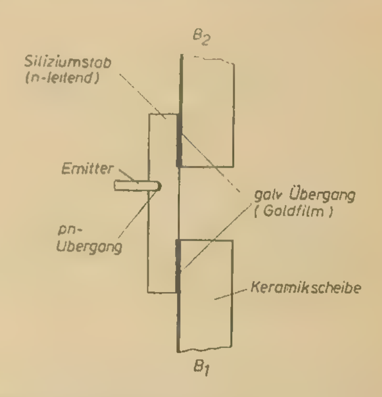


Bild 2: Schematische Darstellung des Aufbaus eines Zweibasistransistors



Schwingtransistor). Diese Transistoren eignen sich zur:

Erzeugung von Schwingungen (astabile Vorgänge) von < 1 Hz bis ins KW-Gebiet (ST 10, ST 20). Die Schwingungsformen sind Sägezahn- oder Rechteckimpulse. Bei Glättung mit einer Induktivität (L in Reihe mit C im Emitterkreis) läßt sich Sinusform erreichen;

Impulsformung und Verstärkung, monostabile Multivibratorschaltung (ST 20, ST 50);

Frequenzuntersetzung, bistabile Multivibratorschaltung, Teilerstufen (ST 20, ST 50).

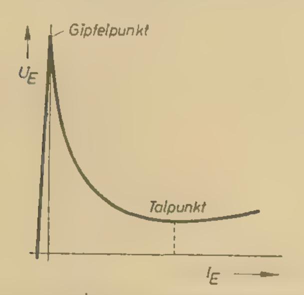


Bild 3: Kennlinie des Zweibasistransistors

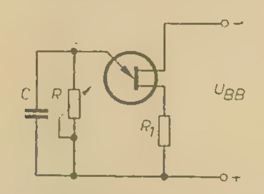


Bild 4: Einfache Oszillatorschaltung mit Zweibasistransistor

Bild 5: Schaltung eines Impulsgebers für 0,5 ··· 50000 Hz Pulsfolgefrequenz mit Zweibasistransistor

Die Daten der von der Fa. Rost hergestellten Transistoren sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Typ		ST 10	ST 20	ST 50
Basisspannung U_{BB}	in V	6	6 ··· 30	6 ··· 30
Basisdauerstrom I_{BB}	in mA	10	20	50
Emitterwiderstand R	in kΩ	10	1 ··· 10	0,5 ··· 2
Basisvorwiderstand R_1	in Ω	500	500	500
Emitterspannung U_E	in V	1	10	10
Emitterstrom I_E	in mA	1	5	10
Impulsanstieg	in μs	0,1	< 1	< 1

Mit einem Transistor ST 20 wurde die Schaltung eines durchstimmbaren RC-Oszillators für 0,5 ··· 50000 Hz Pulsfolgefrequenz erprobt. Dieser Impulsgeber (Bild 5) liefert verschiedene, gleichzeitig entnehmbare Impulsformen.

Am Ausgang also zwischen Emitter und Pluspol erhält man Sägezahnschwingungen, zwischen Basis 1 und Basis 2 positive, rechteckähnliche Impulse und zwischen Basis 1 und Pluspol negative Impulse. Die Pulsspannungen sind in der Schaltung angegeben. Diese sind von der Pulsfolgefrequenz weitestgehend unabhängig, sie beziehen sich allerdings auf einen Quellwiderstand der Stromversorgung von etwa 1 kΩ. Bei Verwendung einer niederohmigen Spannungsquelle ($R_i \rightarrow 0$) ergeben sich folgende Spannungswerte:

Sägezahn:	2,7 V_{ss}
pos. Impuls:	5,64 V_{ss}
neg. Impuls:	1,41 V_{ss}
Nadelimpuls:	1,41 V_{ss} (bei 1000 Hz Impulsfolgefrequenz)

Die Impulsformen sind getrennt entnehmbar, die wirksamen Innenwiderstände liegen zwischen 60 und 140 Ω je nach Frequenz. Die Stromaufnahme schwankt zwischen 11,5 und 16,8 mA bei 0,5 Hz Pulsfolgefrequenz. Für kleinere Arbeitswiderstände (etwa < 1 kΩ) ist ein zusätzlicher Trennverstärker zweckmäßig, da sonst eine merkliche Rückwirkung auf die frequenzbestimmenden Elemente des Generators vorhanden ist. Die positiven Impulse werden in der Schaltung nach Bild 5 außerdem differenziert[1]) und die von der steilen Vorderflanke abgeleiteten positiven Nadelimpulse in Stellung 1 des Schalters S_2 herausgeführt und können zum Auftasten von bistabilen Schaltungen (evtl. nochmalige Verstärkung) weiter verwendet werden. R_1 dient zur Feineinstellung der Frequenz und S_1 zur Grobwahl. In den 14 Schaltstufen von S_1 lassen sich mit R_1 folgende Frequenzvariationen erreichen:

Impulsfolgefrequenz in Hz bei:

	R_{1max}	R_{1min}
C_1 = 500 μF	0,45	1,25
C_2 = 100 ‖ 60 μF	1,18	3,6
C_3 = 50 μF	2,65	7,7
C_4 = 25 μF	7	21,5
C_5 = 16 μF	11,1	31
C_6 = 8 μF	26,4	77
C_7 = 4 μF	52,5	142
C_8 = 2 μF	112	323
C_9 = 1 μF	238	685
C_{10} = 0,5 μF	416	1240
C_{11} = 0,25 μF	925	2750
C_{12} = 0,1 μF	2180	6750
C_{13} = 0,025 ‖ 0,01 μF	6680	19400
C_{14} = 0,01 ‖ 0,001 μF	18200	52500

Eine Sinusform würde man hier ebenfalls erreichen durch Reihenschaltung einer Induktivität zu den frequenzbestimmenden Kapazitäten $C_1 \cdots C_{14}$. Hinsichtlich Schwingneigung und Frequenzkonstanz treten beim Auswechseln der Transistoren z. T. erhebliche Streuungen auf. Ein nach Schaltung im Bild 4 auf 1000 Hz eingestellter Oszillator lieferte beim Auswechseln des Transistors z. B. 435 Hz bzw. 1330 Hz.

Mit der Schaltung im Bild 6 wurde der Einfluß der Umgebungstemperatur untersucht. Die in der Schaltung angegebenen Impulsspannungen beziehen sich auf einen Innenwiderstand der Spannungsquelle von $R_i \rightarrow 0$. Die Stromaufnahme von 4,3 mA bei 20 °C fällt um 0,3 mA bei Temperaturerhöhung auf 50 °C, sie steigt um 1,5 mA bei Erniedrigung der Umgebungstemperatur auf + 2 °C. Die Frequenzabhängigkeit ergibt folgende Werte:

ϑ_u in °C	Δf in kHz
2,5	+ 0,5
5	+ 0,32
7,5	+ 0,2
10	+ 0,13
15	+ 0,05
20	0
25	— 0,04
30	— 0,06
35	— 0,07
40	— 0,06
50	— 0,01

Bei Verwendung miniaturisierter Bauelemente (Miniaturelkos, Kleinstschalter usw.) kann man derartige Schaltungen sehr klein und platzsparend aufbauen. Der Einsatz derartiger Impulsgeneratoren ohne Kompensation des Temperatureinflusses kann natürlich nur dort erfolgen, wo der Temperaturgang nicht stört bzw. nur ein „Test" erwünscht ist.

Der Typ ST 50 mit einem maximalen Basisdauerstrom von I_{BB} = 50 mA wird für Schaltzwecke verwendet und eignet sich besonders für Flip-Flop-Schaltungen.

Wie der prinzipielle Verlauf der Kennlinie zeigt (Bild 7), sind für die gleiche Emitterspannung in einem bestimmten Bereich zwei stabile Arbeitspunkte vorhanden (A_1: geringer negativer Emitterstrom, Sperrzustand, A_2: größerer positiver Emitterstrom, Durchlaßzustand). Der S-Transistor ersetzt also somit die herkömmliche bistabile Schaltung mit zwei Flächentransistoren. Bei festem U_E und U_{BB} ist R_1 bzw. die über R_1 abfallende Impulsspannung allein für die Einstellung des jeweiligen Schaltzustandes maßgebend. Führt man der Schaltung nach Bild 8a,b einen negativen Impuls zu, so wird die pn-Schicht in Sperrichtung vorgespannt und es stellt sich, wenn von A_2 ausgehend die Knickspannung

[1]) Brauchbare Nadelimpulse erhält man etwa für den Frequenzbereich 100 Hz ··· 5 kHz. Will man im angegebenen Gesamtbereich Nadelimpulse haben, müßte man das Differenzierglied mit umschalten!

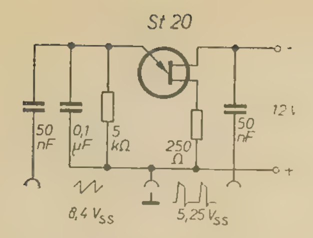


Bild 6: Impulsgenerator für 1,5 kHz

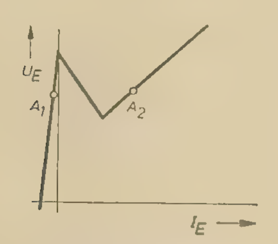
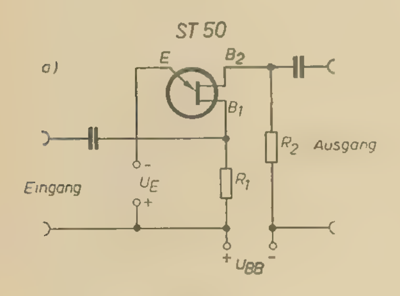


Bild 7: Lage der stabilen Arbeitspunkte A_1 und A_2



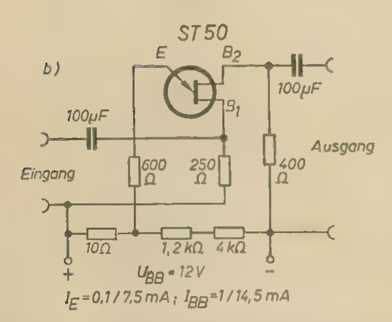


Bild 8: a) Prinzip der bistabilen Multivibratorschaltung, b) bistabile Multivibratorschaltung

unterschritten wird, der Arbeitspunkt A_1 ein. Von A_1 ausgehend muß man einen positiven Impuls zuführen, um den Arbeitspunkt A_2 einzustellen. Anwendung findet die bistabile Schaltung in Rechengeräten und in der Impulstechnik, insbesondere beim Aufbau von Zählketten. Verkleinert man U_{BB} auf wenige Volt, so entsteht die monostabile Schaltung, in der ein Eingangsimpuls einen rechteckförmigen, negativen Ausgangsimpuls von 2,8 V_{ss} auslöst (Bild 9).

Die Eigenschaften bzw. Einsatzmöglichkeiten der Zweibasistransistoren beruhen auf der negativen Kennliniencharakteristik.

Ein weiteres neues Bauelement mit ähnlicher Arbeitskennlinie ist die Tunneldiode. Dieser Halbleiterzweipol, der 1957 von Leo Esaki in Tokio erfunden wurde, eignet sich ebenso zur Schwingungserzeugung und zum Aufbau bistabiler Multivibratoren und Verstärker. Der grundlegende Mechanismus besteht in der quantenmechanischen Durchtunnelung einer sehr dünnen Sperrschicht. Der Vorteil dieser

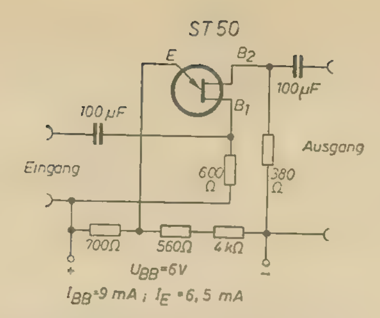


Bild 9: Monostabile Multivibratorschaltung

Diode liegt in der Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturschwankungen und Oberflächenverunreinigungen und in der hohen Grenzfrequenz, die im Mikrowellengebiet liegt.

Mit Tunneldioden auf Germaniumbasis wurden bereits Schwingungen von 400 MHz erzeugt. Mit Gallium-Arsenid-Tunneldioden können sogar 10000 MHz und mehr erreicht werden. Eine Temperaturabhängigkeit besteht praktisch überhaupt nicht, so daß ein nahezu stabiles Arbeiten vom absoluten Nullpunkt bis weit über 300 °C gewährleistet ist. Die Wärmeentwicklung kann infolge des geringen Leistungsbedarfes von etwa 1 µW vernachlässigt werden. In bistabilen Schaltkreisen erreicht man mit der Tunneldiode Pulsfolgefrequenzen von fast 1000 MHz.

Als steuerbare Schalter (Diode mit zwei stabilen Arbeitszuständen mit unterschiedlichem Widerstand) eignen sich außerdem die von der General Electric hergestellten Halbleiterthyratrons und die von Shokly entwickelte Vierschichtdiode. Die erreichbare Schaltgeschwindigkeit ist bei Halbleiterthyratrons wesentlich höher als beim gasgefüllten Thyratron (nur wenige µs). Nach dem „Zünden" kann wie bei normalen Thyratrons mit Gasfüllung, nur durch Verkleinerung der Spannung zwischen Anode und Katode unter den kritischen Wert das „Löschen" erfolgen. Die Vierschichtdiode besitzt dagegen keine zusätzliche Steuerelektrode, sondern ist ein normaler Zweipol. Die Umschaltzeiten dieser Dioden liegen in der Größenordnung von 0,1 µs. Durch besondere Wahl der Betriebsspannung und des Vorwiderstandes erhält man Selbsterregung. Die bis zu meheren MHz Folgefrequenz abgebbaren Spannungen besitzen Sägezahnform.

Literatur

W. Taeger: Neue Halbleitertypen; radio und fernsehen 21 (1960) S. 675 u. 676

R. Rost: Der S-Transistor; Elektronik 8 (1959)

R. Tonndorf: Gesteuerte Gleichrichter und Zweibasistransistoren; Elektronische Rundschau 11 (1959) S. 411 u. 412

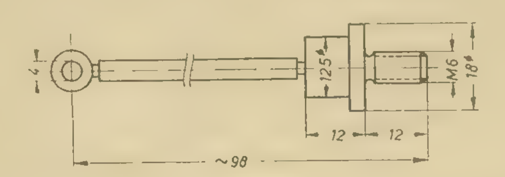
* * *

Dipl.-Ing. HANS-JOACHIM HANISCH

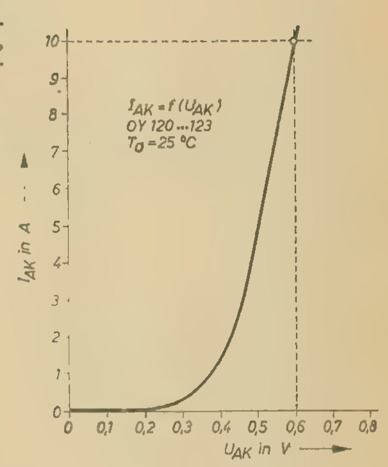
OY 120, OY 122, OY 123 Germanium-Leistungsgleichrichter

Aufbau

Die Anode ist durch eine Glasdurchführung gegen das Gehäuse isoliert. Das System ist durch ein Metallgehäuse gegen äußere Einflüsse geschützt. Die Katode liegt an der Grundplatte mit M 6 — Gewindebolzen. Der Anodenanschluß besitzt einen Kabelschuh.



Abmessungen



Durchlaßkennlinie der Flächengleichrichter OY 120, OY 122 und OY 123 (Grenzkennlinie)

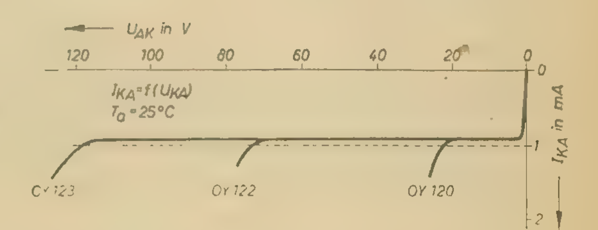
Verwendung

Flächengleichrichter in niederohmigen Gleichrichterschaltungen für hohe Ströme und mittlere Spannungen.

Kenndaten (vorläufige Daten)

Die Kenndaten werden für eine Umgebungstemperatur $T_a = 25$ °C angegeben.

Typ	OY 120	OY 122	OY 123
U_{KA} in V ($I_{KA} \leq 1$ mA)	20	65	100
I_{AK} in A ($U_{AK} \leq 0{,}6$ V)	10	10	10



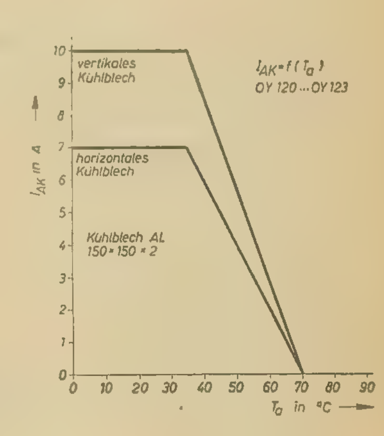
Sperrkennlinien der Flächengleichrichter OY 120, OY 122 und OY 123 (Grenzkennlinien)

Grenzwerte

Typ		OY 120	OY 122	OY 123
$U_{KA\,max}$	in V	20	65	100
$I_{AK\,max}$	in A	10	10	10
$U_{AK\,max}$	in V	0,6	0,6	0,6
$I_{KA\,max}$	in mA	1,0	1,0	1,0
$I_{ak\,max}$	in A	32	32	32
$I_{AK\,imp\,max}$	in A	70	70	70

Sperrschichttemperatur $T_{j\,max} = 75$ °C
Umgebungstemperatur $T_{a\,max} = 70$ °C
Innerer Wärmewiderstand $k_1 = 0{,}8$ °C/W
Äußerer Wärmewiderstand $k_2 = 3{,}2$ °C/W
(vertikales Kühlblech Al 150 × 150 × 2)

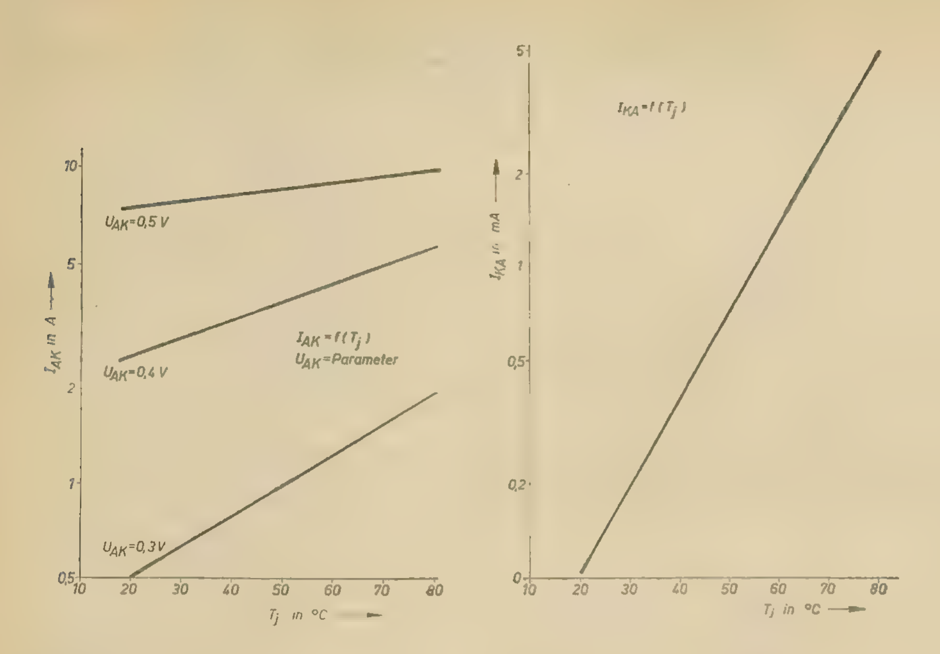
Bei Umgebungstemperaturen über + 35 °C ist der maximal entnehmbare Gleichstrom entsprechend dem Diagramm $I_{AK} = f(T_a)$ zu reduzieren.



Abhängigkeit des entnehmbaren Gleichstromes I_{AK} von der Umgebungstemperatur

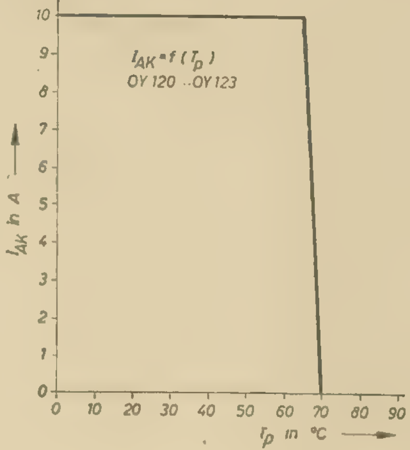
Einbauhinweise

Der Gewindezapfen gestattet eine einfache Einlochmontage der Gleichrichter auf eine Kühlfläche. Die Mindestgröße des Kühlbleches beträgt bei vertikaler Lage 150 × 150 × 2 mm. Bei horizontaler Kühlfläche oder bei isolierter Montage der Gleichrichter ist eine Reduzierung der Belastung vorzunehmen (s. Kurve $I_{AK} = f(T_a)$).



Links: Mittlere Temperaturabhängigkeit des Durchlaßstromes

Rechts: Mittlere Temperaturabhängigkeit des Sperrstrommittelwertes (sinusförmige Sperrspannungshalbwellen mit max. Spitzenspannung als Amplitude)



Abhängigkeit des entnehmbaren Gleichstromes I_{AK} von der Gehäusetemperatur

Betriebswerte

Die Bilder a ··· e zeigen die wichtigsten Grundschaltungen und die dazugehörigen Betriebsdaten.

Typ	OY 120	OY 122	OY 123
U_{KA} in V_{eff} bei Widerstandsbelastung	12	42	60
bei Belastung mit Gegenspannung	6	21	30

Wird fortgesetzt

ZL 910/6 ··· ZL 910/16 Silizium-Leistungszenerdioden

Fortsetzung von Heft 5 (1961)

Bild 1: Sperrkennlinien

Bild 2: Streubereich der Durchlaßkennlinie

Bild 3: Durchlaßstrom in Nullpunktnähe

Bild 4: Mittlerer Verlauf des TK_{U_Z} in Abhängigkeit von U_Z

Bild 5: Maximal zulässige Verlustleistung P_{max} in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur T_a und der Kühlfläche F

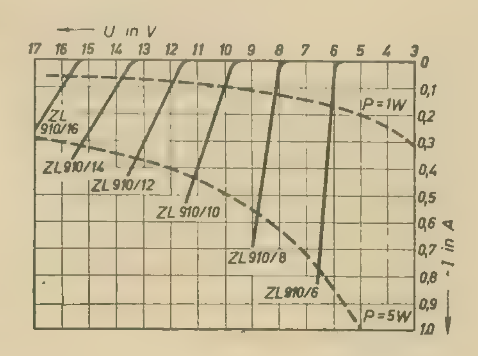


Bild 1



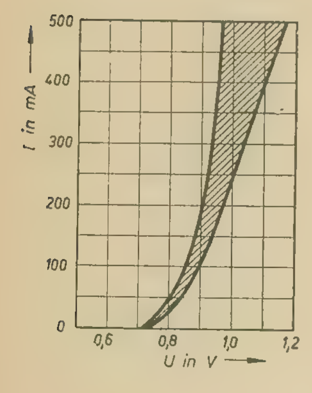


Bild 2

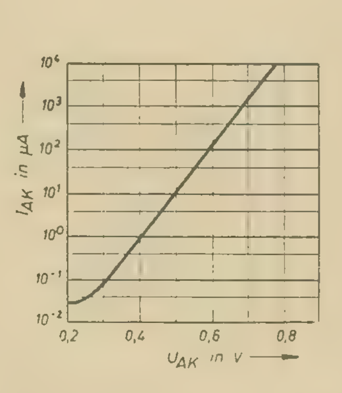


Bild 3

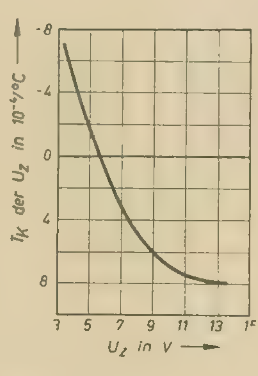


Bild 4

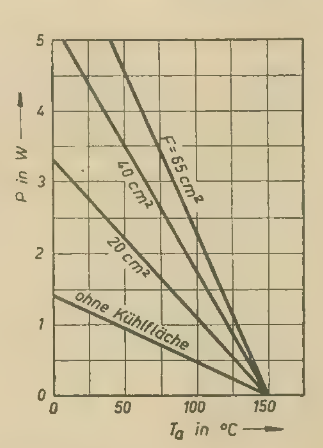


Bild 5

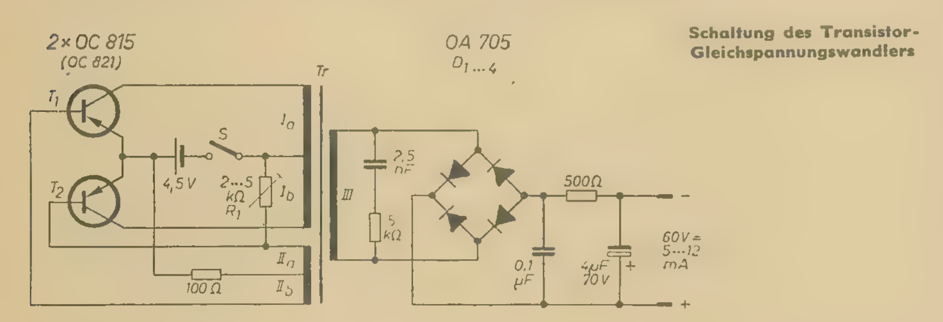
Transistorgleichspannungswandler für den Amateur

HAGEN JAKUBASCHK

Transistorgleichspannungswandler — in der Fachliteratur auch als Transverter bezeichnet — dienen zur „Transformation" niedriger Gleichspannungen nach höheren Spannungswerten. Sie entsprechen hinsichtlich Verwendungszweck und (vergleichsweise) Funktion den bekannten Zerhacker-Schaltungen, wie sie z. B. für Autosuper zur Gewinnung der Anodenspannung aus der vorhandenen Batteriespannung von wenigen Volt verwendet werden; arbeiten jedoch ohne bewegliche Teile auf rein elektronischer Basis. In Kofferempfängern können sie dazu dienen, die Anodenspannung mit aus der Heizbatterie zu entnehmen, wodurch die Anodenbatterie entfällt. Funktion und Theorie des Transverters wurden in der Fachliteratur schon oft behandelt. Der folgende Beitrag soll — nachdem nunmehr höher belastbare Transistoren im Handel sind — dem Amateur eine zum Nachbau geeignete, erprobte Schaltung geben, zu deren Aufbau ausschließlich Teile der DDR-Produktion erforderlich sind.

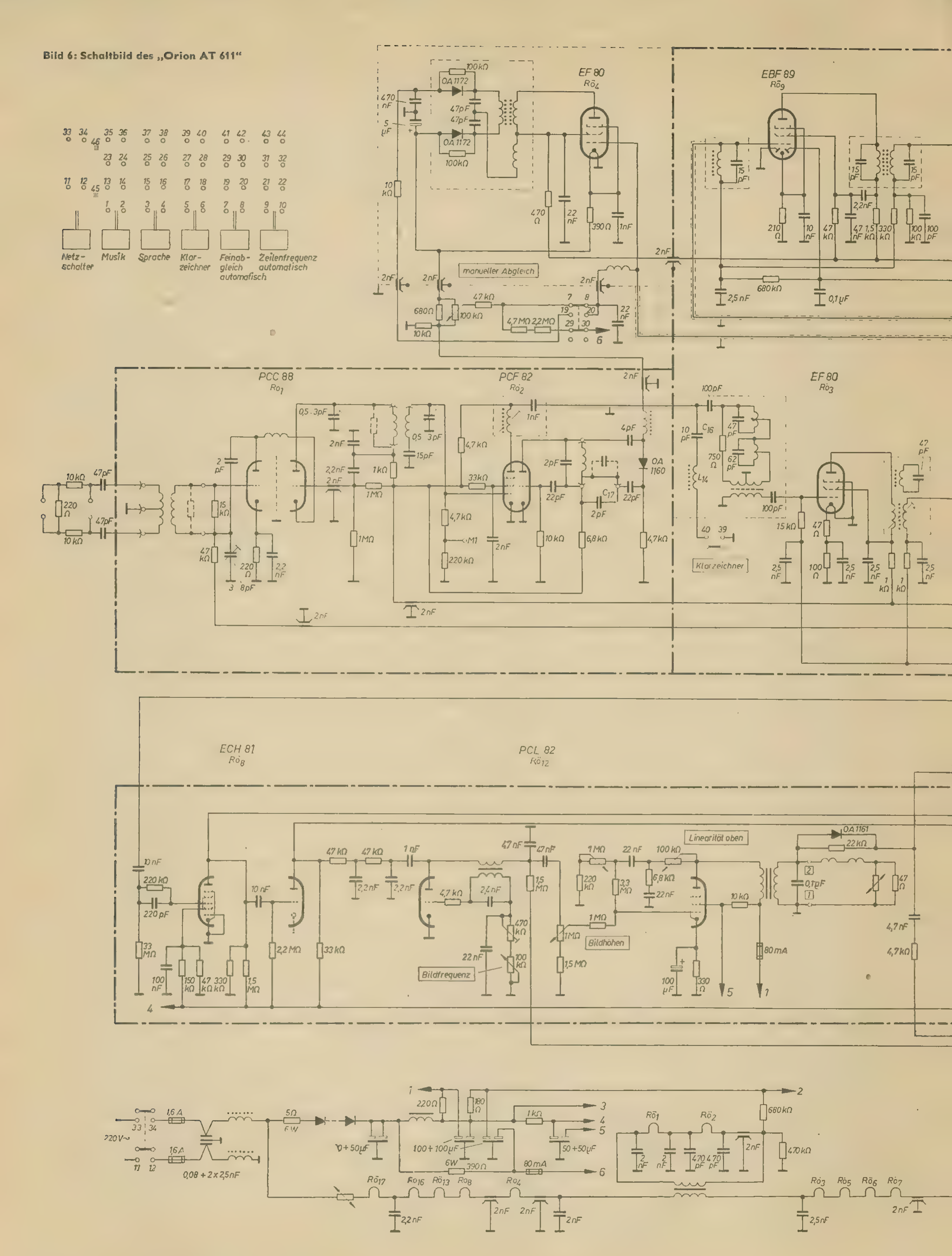
Die erzielbare Ausgangsleistung eines Transverters ist im wesentlichen ein Problem der maximalen Belastbarkeit der verfügbaren Transistoren. Immerhin sind mit zwei Transistoren OC 815 bereits etwa 300 mW bzw. mit zwei Transistoren OC 821 etwa 700 mW Ausgangsleistung zu erreichen, was zur Anodenstromversorgung sparsam ausgelegter Geräte bereits ausreicht. Die hier gezeigte Schaltung wurde für eine Ausgangsgleichspannung von 60 V ausgelegt, wobei die Anodenstromversorgung eines Empfängers mit Röhren der D-Serie (z. B. DF 191, DL 192 oder die entsprechenden Röhren der 96-er Serie) angenommen wurde. Es kann dann — je nach Transistortyp — ein Anodenstrom von etwa 5 ··· 12 mA entnommen werden, was für kleinere Geräte bereits ausreicht. Der wesentliche Vorteil des Transverters ist der Fortfall der Anodenbatterie, der geringere Platzbedarf (der gesamte Transverter beansprucht weniger Platz als die entsprechende Anodenbatterie) und der gegenüber mechanischen Zerhackern sehr hohe Wirkungsgrad, der hier bei 70 % liegt. Die Primärstromaufnahme des Transverters liegt demgemäß je nach Transistoren und Betriebszustand bei 100 ··· 250 mA. Als Batteriespannung (Primärspannung) wurden 4 ··· 4,5 V vorgesehen, da dies meist auch der Heizspannung eines mit drei D-Röhren bestückten Gerätes (Röhrenheizungen in Serie) entsprechen wird bzw. diese Spannung leicht mit gewöhnlichen Batterien (Flachbatterie, drei Monozellen oder zwei IKA-Klein-Trokkenakkus je 2 V) realisierbar ist.

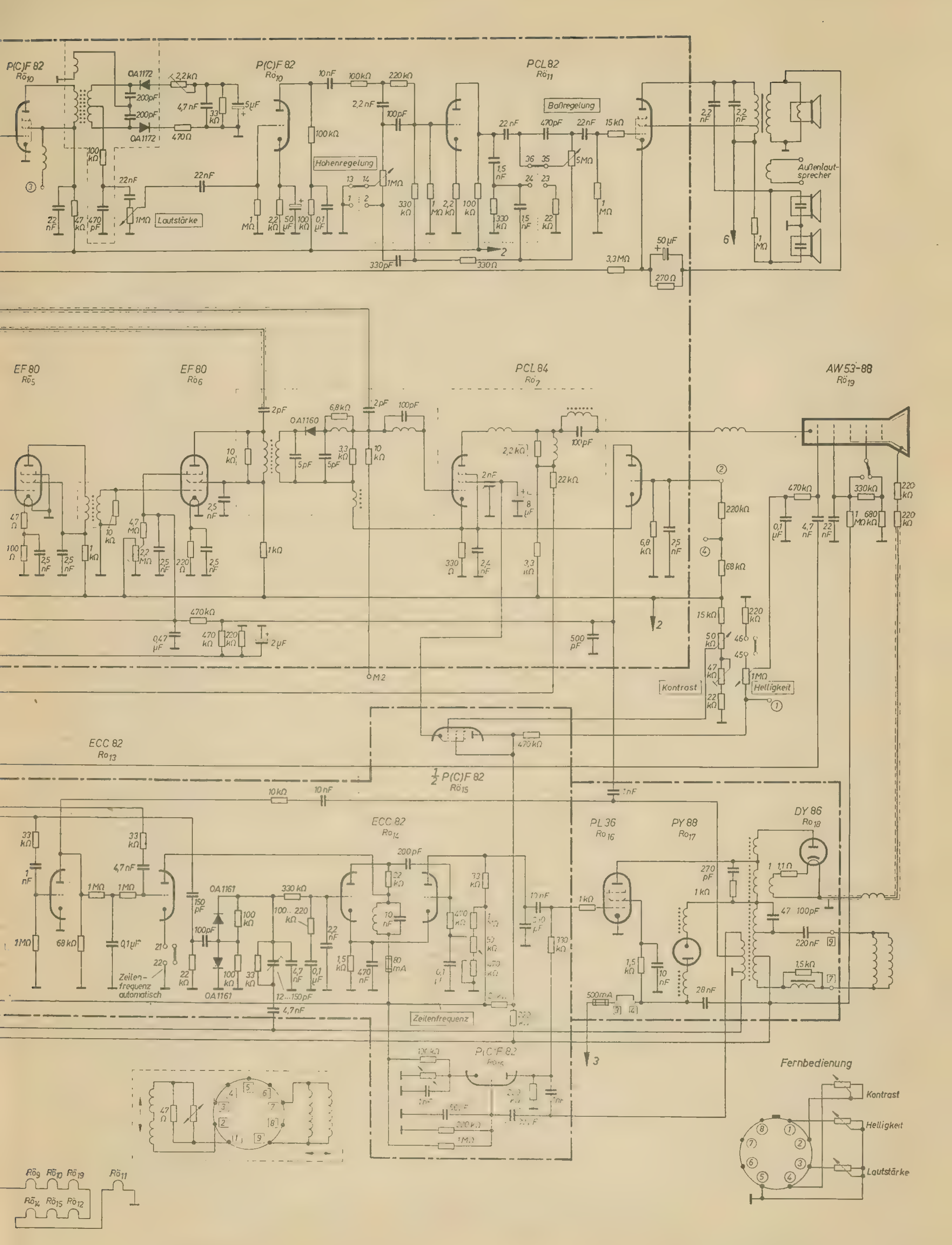
Es handelt sich hier um einen Gegentakt-Transverter (siehe Bild). Die beiden Transistoren wirken praktisch als Schalter, von denen jeweils der eine geöffnet, der andere geschlossen ist. Sie übernehmen damit die Funktion der Umschaltkontakte des mechanischen Zerhackers. Die Wicklung I_a, I_b des Transformators Tr ist die Primärwicklung, die Wicklung II_a, II_b die Rückkopplungswicklung. Die von ihr abgegebene und in die Basis der Transistoren eingekoppelte Spannung sorgt für deren periodische Umschaltung, wobei die Rückkopplungsspannung so bemessen ist, daß die Transistoren wechselseitig völlig gesperrt bzw. voll durchgesteuert werden. In beiden Fällen ist die an den Transistoren auftretende Verlustleistung relativ gering, da der Kollektorreststrom im gesperrten Zustand minimal ist und im durchgesteuerten Zustand (Stromflußperiode) die an der Kollektor-Emitterstrecke abfallende Spannung ebenfalls sehr gering (wenige Zehntel Volt) ist. Der Hauptanteil der Verlustleistung — der für die maximale Belastbarkeit der Transistoren ausschlaggebend ist — tritt im Moment des Umschaltens, d. h. beim Übergang vom leitenden zum gesperrten Zustand und umgekehrt auf. In diesem Augenblick kann die Nenn-Verlustleistung der Transistoren u. U. weit überschritten werden, wenn dafür gesorgt wird, daß der Umschaltaugenblick sehr kurz im Verhältnis zur Periodendauer ist. Da der Transverter — wie bei Gegentakt-Transvertern allgemein üblich — praktisch eine Rechteck-Wechselspannung erzeugt, der Umschaltvorgang (Impulsflanke) also relativ sehr kurz ist, ist diese Voraussetzung gegeben. So erklärt sich auch die eingangs genannte für diese Transistoren hohe Ausgangsleistung von 300 bzw. 700 mW. Für eingehendere Erläuterungen der Funktionsweise eines Transverters muß auf die relativ umfangreiche Spezialliteratur verwiesen werden. Im Zusammenhang mit den gegebenen Erklärungen hinsichtlich des Auftretens der Verlustleistung in den Transistoren ist jedoch praktisch zu beachten, daß eine vorwiegend induktive Belastung der Schaltung — das ist bereits durch den Transformator selbst bedingt — den Umschaltvorgang nachteilig beeinflußt. Rein ohmsche Belastung vorausgesetzt, würde der Umschaltvorgang (Übergang vom gesperrten zum leitenden Zustand im Transistor) innerhalb des Zeitmaßes linear verlaufen. Induktive Belastung verformt diese „Sprungkennlinie" jedoch derart, daß sie sich innerhalb des Kennlinienfeldes des Transistors nach oberhalb der Verlustleistungshyperbel verformt, so daß in den Transistoren eine erhöhte Verlustleistung auftritt. Es ist daher — falls derartige Gegentaktschaltungen so ausgelegt sind, daß die Transistoren bereits maximal ausgelastet werden — zu vermeiden, die Transverter-Schaltung sekundär unbelastet laufen zu lassen. Andererseits bewirkt eine vorwiegend kapazitive Belastung des Gegentakttransverters eine Verformung der Sprungkennlinie im entgegengesetzten Sinne. Das kann zwar nicht zu Überlastungen der Transistoren führen, verschlechtert aber den Wirkungsgrad. Immerhin ist damit eine Kompensationsmöglichkeit für den nachteiligen Einfluß der vorhandenen Trafo-Induktivität gegeben. Diesem Zweck dient das RC-Glied 2,5 nF und 5 kΩ auf der Sekundärseite des Trafos. Trotzdem sollte man vermeiden, bei der hier gegebenen Schaltung den Transverter längere Zeit ausgangsseitig unbelastet laufen zu lassen. Die Schwingfrequenz des Transverters ist im wesentlichen durch die Induktivität der Wicklung I_a, I_b von Tr gegeben und demgemäß etwas lastabhängig. Sie wurde für die hier gezeigte Schaltung auf den einen brauchbaren Kompromiß darstellenden Wert von etwa 2 kHz gelegt. Diese relativ hohe Schwingfrequenz vereinfacht die Anodenspannungssiebung ganz bedeutend, so daß dort der Aufwand sehr gering gehalten werden kann. Wegen des kleinen Ladekondensators und der relativ geringen Stromentnahme können für die Gleichrichtung vier Germaniumdioden OA 705 (VEB WBN Teltow) verwendet werden, so daß der ganze Transverter extrem klein aufgebaut werden kann. Gleichzeitig sichern die Germaniumdioden im Vergleich zu Selengleichrich-



Schaltung des Transistor-Gleichspannungswandlers

Bild 6: Schaltbild des „Orion AT 611"





P(C)F 82
Rö10
PCL 82
Rö11
Baßregelung
Höhenregelung
Lautstärke
Außenlautsprecher
EF 80
Rö5
EF 80
Rö6
PCL 84
Rö7
AW 53-88
Rö19
Kontrast
Helligkeit
ECC 82
Rö13
1/2 P(C)F 82
Rö15
ECC 82
Rö14
PL 36
Rö16
PY 88
Rö17
DY 86
Rö18
Zeilenfrequenz automatisch
Zeilenfrequenz
Fernbedienung
Kontrast
Helligkeit
Lautstärke

tern üblicher Art einen guten Wirkungsgrad. Wie bei jeder Gegentaktschaltung erhalten auch hier die Transistoren eine kleine Basisvorspannung, die über den aus R_1 (2 ··· 5 kΩ, je nach Transistortyp) und 100 Ω bestehenden Basisspannungsteiler erzeugt wird. R_1 wird dabei so eingestellt, daß der Transverter beim Einschalten gerade mit Sicherheit anschwingt (unter ausgangsseitiger Nennbelastung einstellen). R_1 ist dabei nicht an Mitte, sondern an ein Ende der Wicklung II angeschlossen, wodurch beim Einschalten ein Stromstoß in II_a erzeugt wird, der den Transverter „startet". Bei der ersten Inbetriebnahme empfiehlt es sich, in Reihe mit der Batterie einen Strommesser zu schalten, der bei leerlaufendem Transverter (Ausgang unbelastet) max. 100 mA anzeigen darf. Dies gilt aber nur für den schwingenden Transverter, weshalb gleichzeitig das Anschwingen mittels Kopfhörer (parallel zu Wicklung $II_{a...b}$ anzuschalten) zu beobachten ist. Falls der Transverter nicht anschwingt, sind die Basisanschlüsse der Transistoren miteinander zu vertauschen. Ohne das der Wicklung III parallelliegende RC-Glied soll der Transverter nicht betrieben werden. Bei zu großer ausgangsseitiger Belastung kann der Transverter u. U. aussetzen (in der Praxis kann das im fertigen Gerät nur durch Anodenspannungs-Kurzschlüsse o. ä. geschehen). In diesem Falle ist zu beachten, daß der dann aufgenommene Batteriestrom keinesfalls 15 mA (OC 815) bzw. 30 mA (OC 821) überschreitet. Mit der nötigen Vorsicht kann der Transverter durch kurzzeitiges Kurzschließen des Ausganges erforderlichenfalls hierauf geprüft werden. Keinesfalls darf dann mit R_1 ein Anschwingen zu erzwingen versucht werden, da dies — auch falls der Transverter bei Verringerung von R_1 erneut anschwingt — zur Überlastung der Transistoren führen kann. Die Einstellung von R_1 darf nur nach dem Anschwingverhalten des mit Nennlast belasteten Transverters geschehen, wobei dessen Leerlauf-Batteriestromaufnahme von der Einstellung von R_1 nur sehr wenig abhängt. — Der Transformator Tr muß speziell gewickelt werden. Wegen der geringen Windungszahlen ist das jedoch im Notfall schon mit der im Schraubstock eingespannten Handbohrmaschine oder bei etwas Sorgfalt sogar völlig von Hand zu machen. Die Wickeldaten sind in der Tabelle gegeben. Der Aufbau des Transverters ist gänzlich unkritisch, alle Teile können praktisch direkt am Trafokern befestigt werden, wozu dieser eine aufgeschraubte Lötleiste erhält, die alle Teile einschließlich der Transistoren aufnimmt. Der komplette Transverter ist dann nicht wesentlich größer als der Trafo selbst. Für den OC 815 sind keine besonderen Kühlmaßnahmen erforderlich. Der OC 821 wird mit Kühlschellen geliefert, die einfach unter die Eckschrauben des Trafos untergeschraubt werden. Damit sind die Transistoren zweckmäßig befestigt, während der Trafokern gleichzeitig die hier erforderliche — und bei weitem ausreichende — Kühlfläche abgibt.
Falls der Transverter sehr dicht an andere Bauteile herangebracht wird (z. B. bei Einbau in einen kleinen Kofferempfänger), empfiehlt es sich, die ganze Schaltung mit einem kleinen abschirmenden Metallgehäuse zu umgeben, aus dem nur die Eingangs- und Ausgangsleitungen herausführen. Dadurch wird ein Einstrahlen der 2-kHz-Transverterfrequenz, die obendrein relativ oberwellenhaltig ist, in den Empfängerteil verhindert. Besondere Lüftungsmaßnahmen (perforiertes Gehäuse u. ä.) sind bei dieser Einbauart nicht erforderlich.

Wickeldaten des Transformators Tr

Kern M 42/15 Dyn. Bl. IV/35, wechselseitig ohne Luftspalt geschichtet

1) $I_a = I_b$ = je 6 Wdg. 0,5 CuL

2) $II_a = II_b$ = je 3 Wdg. 0,2 CuL

3) 1 Lage Ölleinen

4) III = 100 Wdg. 0,12 CuL

ARBEITSTAGUNG: Standardisierung in der Elektroindustrie

Am 9. und 10. Februar 1961 fand in Leipzig eine von der Abteilung Elektrotechnik der Staatlichen Plankommission und dem Fachverband Elektrotechnik der Kammer der Technik einberufene Arbeitstagung „Standardisierung in der Elektroindustrie" statt. Im folgenden veröffentlichen wir auszugsweise die auf dieser Tagung einstimmig angenommene Entschließung.

Eine der wichtigsten Maßnahmen zur Erreichung des Höchststandes der Technik und zur Sicherung unserer Wirtschaft gegen alle Störversuche ist die Durchsetzung der radikalen Standardisierung. Sie ist der Ausgangspunkt für die Rekonstruktionsmaßnahmen in der Elektroindustrie und der Hebel zur entscheidenden Steigerung der Arbeitsproduktivität.
Hiervon ausgehend haben sich die Teilnehmer an der Arbeitstagung insbesondere eingehend mit den auf dem Gebiete der Standardisierung notwendigen Maßnahmen beschäftigt und beschließen, im Jahre 1961 vorrangig folgende Aufgaben zu lösen:

1. Zur Sicherung der Wirtschaft der DDR gegen willkürliche Störmaßnahmen militaristischer Kreise in Westdeutschland sind die Vorschriften und Standards der Elektroindustrie in Übereinstimmung mit den Standards des sozialistischen Lagers, insbesondere der Sowjetunion, zu bringen.
Damit wird es möglich, etwa ausfallende Importe aus Westdeutschland, die für unsere Wirtschaft von grundsätzlicher Bedeutung sind, durch Lieferungen aus den sozialistischen Ländern abzudecken.
Für die Durchführung der Aufgaben sind von den VVB für die einzelnen Fachbereiche Arbeitsgruppen zu bilden, die alle sich hieraus ergebenden Aufgaben bis zum 31. März 1961 festlegen und ihre planmäßige Realisierung organisieren.

2. Die Standardisierungsaufgaben des Jahres 1961 sind mit einer hohen Qualität und nach Möglichkeit vorfristig abzuschließen, insbesondere die Aufgaben, die aus den Beschlüssen des RgW und der Organe für Standardisierung der sozialistischen Länder resultieren. Hierbei sind die Erfahrungen des Jahres 1960 auszuwerten und die auf der Arbeitstagung erarbeiteten Grundsätze konsequent auf die Arbeit anzuwenden.

3. Bei der Vorbereitung und Erarbeitung des Planes „Neue Technik" 1962 muß die Festlegung der Standardisierungsaufgaben unter Berücksichtigung der technisch-ökonomischen Zusammenhänge in komplexer Abstimmung mit den übrigen Teilen des Planes „Neue Technik" erfolgen.

Nur bei Beachtung der Zusammenhänge zwischen der Forschung und Entwicklung, der Standardisierung, der Spezialisierung, Mechanisierung und Automatisierung der Produktion wird ein qualitativ hochwertiger Standard mit größtmöglichem Nutzen für die Volkswirtschaft geschaffen werden.

4. Die sozialistische Gemeinschaftsarbeit zur Beschleunigung des Ablaufes der Arbeiten und zur Erhöhung der Qualität der Standards ist im breitesten Maße zu organisieren. Von besonderer Bedeutung ist die organisierte enge Zusammenarbeit der VVB und Betriebe der Elektroindustrie mit den Organen des Fachverbandes Elektrotechnik der Kammer der Technik. Entsprechend dem Beispiel der VVB Hochspannungsgeräte und Kabel sind von allen VVB und Betrieben konkrete Vereinbarungen über die Zusammenarbeit mit den Fachausschüssen bzw. Betriebssektionen der Kammer der Technik bis zum 30. April 1961 abzuschließen.
Die Ergebnisse der Beratungen in den Arbeitsgruppen der Tagung werden in Form eines Entwurfes einer Direktive zur Verbesserung der Standardisierungsarbeit und als Richtlinie für die Realisierung der Aufgaben der Abteilung Elektrotechnik der Staatlichen Plankommission mit der Empfehlung übergeben, diese verbindlich für den Bereich der

Elektroindustrie bis 30. April 1961 herauszugeben.
Es wird ferner beschlossen, das Referat und die Ergebnisse der Arbeitstagung in Form einer Broschüre zu veröffentlichen, um damit allen Werktätigen Gelegenheit zu geben, sich über die behandelten Fragen zu informieren und die Ergebnisse in der täglichen Arbeit anzuwenden.
Die Lösung dieser Aufgaben schafft entscheidende Voraussetzungen zur schnelleren Steigerung der Arbeitsproduktivität in der Elektroindustrie der DDR und ist daher ein konkreter Beitrag zur Sicherung des Friedens und für den Sieg des Sozialismus in der Deutschen Demokratischen Republik.

In der Direktive zu den Aufgaben der VVB und der Fachausschüsse des Fachverbandes Elektrotechnik der Kammer der Technik bei der Lösung der nationalen und internationalen Fragen der Vorschriften und Standards der Elektrotechnik heißt es u. a.:

Die internationale Standardisierungsarbeit erstreckt sich schwerpunktmäßig auf

die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC)

die Internationale Standardisierungsorganisation (ISO)

den Rat der gegenseitigen Wirtschaftshilfe der sozialistischen Länder (RgW), Sektionen 8, 9 und 10

die Organe für Standardisierung der sozialistischen Länder, Sektion 11

die Europäische Elektrotechnische Kommission (CEE)

Herr Dipl.-Ing. Rudolf Wekker, Stellvertreter des Leiters der Abteilung Elektrotechnik der Staatlichen Plankommission, hatte vorher in seinem Referat u. a. folgendes ausgeführt:

Aus unserer politischen Verantwortung heraus für die Stärkung der materiellen Basis des Sozialismus in der DDR und für die Sache des Friedens sind wir verpflichtet, uns gegenüber allen willkürlichen Störmaßnahmen unabhängig zu machen.
Das ändert nichts an unserer marxistischen Auffassung, daß der friedliche Handel mit allen Staaten ein hervorragendes Mittel darstellt, die friedlichen Beziehungen zwischen den Ländern zu festigen. Jeder wird jedoch verstehen, daß wir mit einem unsicheren Handelspartner nur solche Geschäfte machen können, die uns zwar helfen, wenn sie in Ordnung gehen, die uns aber auf der anderen Seite auch nicht ernsthaft schädigen, wenn sie nicht vertragsgemäß abgewickelt werden.
Die Hauptaufgabe besteht darin, die TGL und Vorschriften als Grundlage für gegenwärtige und künftige Lieferungen aus der Sowjetunion und den anderen sozialistischen Ländern in Übereinstimmung mit den Standards des sozialistischen Lagers zu bringen.
Die auf Grund der Kündigung des innerdeutschen Handelsabkommens in Moskau geführten Beratungen über die Hilfe der SU für die Wirtschaft der DDR haben ergeben, daß in einer Reihe von Positionen eine unmittelbare Unterstützung durch die SU nicht möglich war, weil dort nach anderen Auswahlreihen, Leistungsabstufungen, Toleranzreihen usw. gearbeitet wird und wir uns noch weitgehend auf DIN-Normen orientiert haben.

Als Schlußfolgerung ergeben sich im einzelnen folgende Maßnahmen:

1. Bereits im sozialistischen Lager abgestimmte TGL bilden die alleinige Arbeitsgrundlage aller Entwicklungs-, Konstruktions- und Projektierungsbüros.
DIN-Normen, die durch TGL abgelöst wurden, dürfen nicht mehr als Arbeitsgrundlage verwendet werden.

2. DIN-Normen, die noch nicht durch DDR-Standards abgelöst wurden, sind nach einer Dringlichkeitsreihenfolge planmäßig durch TGL zu ersetzen, die mit den Standards der sozialistischen Länder abgestimmt sind und die Empfehlungen der IEC und des RgW berücksichtigen.

3. Das Amt für Standardisierung wurde beauftragt, die notwendigen Maßnahmen einzuleiten, die zu einer engeren Zusammenarbeit mit den für die Standardisierung zuständigen staatlichen Stellen der UdSSR führen.

4. Die VVB bilden zur Lösung dieser Aufgaben Arbeitsgruppen, die bis zum 31. März 1961 unter Anleitung des Amtes für Standardisierung alle notwendigen Maßnahmen festlegen und die Realisierung der Aufgaben organisieren sollen.

5. Unsere Mitarbeit im Deutschen Normenausschuß ist gründlich zu überprüfen. Dabei ist davon auszugehen, daß unsere Vertreter in diesen Ausschüssen entsprechend den uns gegebenen viel größeren Möglichkeiten der Normung und Standardisierung auftreten und in ihrer Tätigkeit voll die Bedürfnisse unserer sozialistischen Produktionsverhältnisse berücksichtigen und wahrnehmen.

Welche großen Möglichkeiten der weitgehenden Standardisierung und Typisierung wir bei uns unter sozialistischen Produktionsverhältnissen haben, möchte ich am Beispiel der Hochleistungsschalter für Mittel- und Hochspannung darlegen:

In Westdeutschland gibt es auf diesem Gebiet über 200 Typen derartiger Schalter, die unter Anwendung von 4 verschiedenen Löschprinzipien, zum größten Teil in 4 Konzernen mit ähnlichen technischen Daten produziert werden. Allein durch Anwendung von nur 2 notwendigen Löschprinzipien und durch die Spezialisierung der Produktion in jeweils nur einem Betrieb konnte bei uns die Typenzahl auf 53 reduziert werden. Durch den Übergang auf die radikale Standardisierung, d. h. durch den technisch begründeten Wegfall von Zwischenwerten der Abschaltleistung konnte eine weitere Reduzierung auf nur 22 Typen erreicht werden. Es muß Aufgabe unserer Mitarbeiter in den FNE-Ausschüssen sein, in diesen gesamtdeutschen Gremien unsere offensichtlich besseren Möglichkeiten der Normung und Standardisierung konsequent zu vertreten und damit auch den westdeutschen Kollegen sichtbar die Überlegenheit der sozialistischen Gesellschaftsordnung vor Augen zu führen und die Arbeit des DNA entsprechend unserer Möglichkeiten und Bedürfnisse zu beeinflussen.
Ähnliche Aufgaben und Probleme ergeben sich im Zusammenhang mit dem Vorschriftenwerk der Elektrotechnik. Die Bearbeitung dieses umfangreichen und in seinen Teilen eng verflochtenen Werkes liegt in der Verantwortung des Fachverbandes Elektrotechnik der Kammer der Technik. Wir mußten feststellen, daß in einer Reihe von Fällen diese Vorschriften nicht mehr unseren Möglichkeiten und Bedürfnissen entsprechen. Ja, es gibt sogar Beispiele, wo diese Vorschriften sich im Widerspruch zu unseren sozialistischen Produktionsverhältnissen befinden. Da die Vorschriften der Elektrotechnik durch die verschiedensten Verordnungen und Gesetze für die Prüfung und die Abnahme von Geräten und Anlagen verbindlich sind, haben sich hieraus untragbare Erscheinungen ergeben. So konnten aus der CSSR gelieferte Hochleistungsschalter bei uns monatelang nicht eingesetzt werden, weil laut der bei uns gültigen Vorschrift eine Prüfung von 125 kV vorgeschrieben war, in der CSSR entsprechend der dort gültigen Vorschrift aber nur mit einer Prüfspannung von 123 kV geprüft wurde. Es hätte nicht viel gefehlt, so wäre durch diese formale und technisch in keiner Weise begründete Handlungsweise ein Import aus einem kapitalistischen Land erfolgt.
In den VDE für Kabel und Leitungen sind neben einer Vielzahl von Typen auch konstruktive Angaben über Kabel enthalten, die damit einen bestimmten Materialeinsatz vorschreiben.
Diesen Festlegungen stehen jeweils bestimmte Interessen der einzelnen westdeutschen Konzerne gegenüber.
Die GOST-Normen sind dagegen technisch begründet und ergeben wesentliche Einsparungen an Material und Arbeitszeit. So konnten bei Exportlieferungen bei KRPT-Leitungen nach GOST an Stelle von NMH-Leitungen nach VDE durch technisch begründete Änderungen der Konstruktion Einsparungen von 500000 m² Kabelnessel und 120 Produktionsarbeitern erreicht werden, was eine Gesamtsumme von über 1 Mio DM ausmacht. Ähnliche Einsparungen ergeben sich auch bei anderen Kabeln und Leitungen. Z. Z. müssen unsere Kabelwerke für den DDR-Bedarf aber noch nach den geltenden VDE produzieren, da das DAMW und die Abnehmer lt. Gesetz an diese Vorschriften gebunden sind.

Welche Schlußfolgerungen müssen wir hieraus ziehen:

1. Alle VVB müssen umgehend durch Gegenüberstellung der bei uns und in den sozialistischen Ländern geltenden Vorschriften unter Berücksichtigung der Möglichkeiten und der Bedürfnisse unserer sozialistischen Wirtschaft überprüfen und festlegen, welche Vorschriften der Elektrotechnik zu überarbeiten sind.

2. Auf der Grundlage dieser Überprüfung sollten die VVB Hinweise an die Abteilung Elektrotechnik der SPK geben, welche Verordnungen, Gesetze usw. geändert werden müssen.

3. Zur Realisierung der notwendigen Maßnahmen müssen die VVB konkrete Vereinbarungen mit den Fachausschüssen des Fachverbandes Elektrotechnik der Kammer der Technik bezüglich der Überarbeitung der Vorschriften abschließen.

4. Alle konstruktiven Details und die Angabe von Prüfwerten sind aus den Vorschriften grundsätzlich zu entfernen.

Batteriegespeistes, digitales Meßgerät für radioaktive Strahlung

Dipl.-Ing. C. HIRSCH und Dipl.-Ing. H.-J. BECHTEL

Die Entwicklung dieses Gerätes wurde auf Anregung des Institutes für Geotechnik am Lehrstuhl für allgemeine Elektrotechnik der Hochschule für Verkehrswesen Dresden durchgeführt.

Die rasche Entwicklung der Anwendung der radioaktiven Strahlung in vielen Zweigen von Wirtschaft und Technik zeigte, wie man durch Einführung neuer Verfahren bisher recht umfangreiche oder gar unmögliche Arbeiten und Messungen auf einfache und meist sehr elegante Weise durchführen kann.

Mit der Verwendung radioaktiver Strahlung erhob sich sofort die Forderung nach geeigneten Meßverfahren und Meßgeräten, die es gestatten, die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen für die beteiligten Personen zu treffen. Andererseits ist die Anwendung der radioaktiven Strahlung für Meßzwecke erst dann sinnvoll, wenn die Kombination Strahlungsquelle — Meßgerät als Sender — Empfänger das Meßverfahren ermöglicht.

Aus diesem Bedürfnis heraus wurde eine Vielfalt von Geräten für spezielle oder auch recht allgemeine Zwecke der Strahlungsmessung entwickelt [1].

Dabei ergaben sich zwei grundsätzliche Entwicklungsrichtungen. Einmal schuf man für Sicherheitszwecke sowie zur größenordnungsmäßigen qualitativen Anzeige sog. integrierende Strahlungsmesser, die mittels einer Digital-Analogumwandlung und einer nicht sehr großen Meßgenauigkeit für viele Messungen, auch betrieblicher Art, ausreichen, dafür aber meist nicht sehr aufwendig und teuer sind [2].

Diese Art von Meßgeräten hat meist kleine Abmessungen und geringen Energieverbrauch und ist in vielen Ausführungen auch tragbar. Die zweite große Gruppe sind die digitalen Meßgeräte, die für genaue Messungen in häufig recht universeller Ausführung gefertigt werden. Sie bestehen grundsätzlich aus dem Eingangsteil mit Verstärker sowie einer Zählstufe. Bei diesen stationären Geräten wird je nach Anwendungszweck ein verschieden großer Aufwand getrieben. Sie finden in allen Zweigen der Strahlungsmeßtechnik Verwendung.

Für gewisse Sonderzwecke ist es nicht ohne weiteres möglich, mit den erwähnten Gerätetypen auszukommen, nämlich dann, wenn einmal der Meßort sich laufend ändert und zum anderen eine Genauigkeit gefordert wird, die über der der üblichen integrierenden Ausführungen liegt.

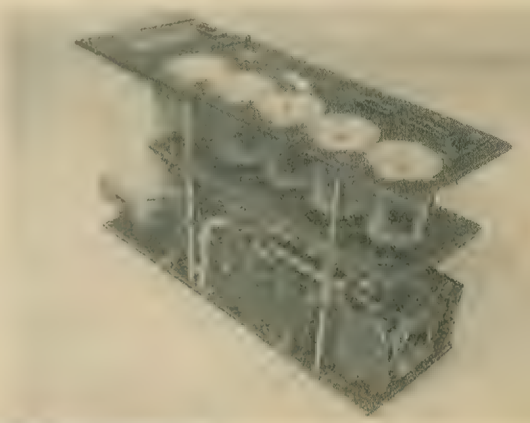
Diese Forderungen bestehen z. B. bei Bodendichtemessungen, wie sie im Rahmen von Baugrunduntersuchungen unerläßlich sind, oder bei Schneehöhenmessungen sowie bei Schichtdickenmessungen. Bei solchen Messungen ist es wünschenswert, von der Netzversorgung unabhängig zu sein und ein möglichst leichtes, handliches, einfach bedienbares Gerät zur Verfügung zu haben.

Dabei muß man natürlich zwischen Handlichkeit einschließlich geringen Gewichtes und technischen Forderungen einen Kompromiß schließen.

Bisher wurde in Deutschland ein leichtes, tragbares, batteriegespeistes Strahlungsmeßgerät großer Genauigkeit nicht gefertigt. Ziel der hier beschriebenen Entwicklung war es, ein Gerät zu schaffen, das diese Lücke schließt. Bestimmend für den Aufbau des Gerätes war die Forderung, über den gesamten Meßbereich eine gleich große Genauigkeit zu erreichen. Dies stellt hinsichtlich der Schaltungswahl deshalb eine gewisse Einschränkung dar, weil einige einfachere bekannte Schaltungen zwar die meisten sonstigen Forderungen an das Gerät erfüllen, aber besonders bei niedrigen Strahlungsintensitäten einen größeren Fehler aufweisen.

Die hauptsächlichsten Forderungen an ein solches Gerät sind:

kleine Abmessungen,
geringes Gewicht,
genaue Meßwertanzeige,
Speisung nur aus einer Sekundärbatterie,
lange Betriebsdauer bei gegebener Batteriekapazität,
leichte Bedienbarkeit, Start- und Stopptaste,
Nullstellungsschalter und ein
hohes Auflösungsvermögen.





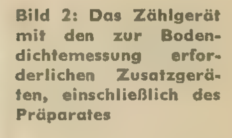


Bild 1: Ansicht des Zählgerätes ohne Gehäuse

Bild 2: Das Zählgerät mit den zur Bodendichtemessung erforderlichen Zusatzgeräten, einschließlich des Präparates

Auf Grund dieser Forderungen mußten Bauelemente geringen Gewichtes mit minimalem Energieverbrauch Verwendung finden. Damit scheiden Glühkatodenröhren für jeden Zweck von vornherein aus.

Als Verstärkerelemente kamen also nur Transistoren in Betracht. Für das Zählwerk wurden dekadische Kaltkatodenröhren verwendet, da sie bei geringem Energieverbrauch Zählung und Anzeige in sich vereinigen.

Technische Ausführung

Bild 1 zeigt den Aufbau des Gerätes und Bild 2 das Gerät im Einsatz. Die Gesamtschaltung ist im Bild 3 dargestellt.

Zur Speisung des Gerätes werden zwei Hochspannungen verschiedener Größe benötigt. Einmal die Speisespannung für die Kaltkatodenzählröhren, die je nach Entladezustand der Batterie 400 ··· 320 V betragen kann, und zum anderen die stabilisierte Spannung für das GM-Zählrohr. Durch Umschalten läßt sich zum Zwecke der Kontrolle des GM-Zählrohres dessen Speisespannung unabhängig vom Ladezustand der Batterie von 350 ··· 450 V regeln. Die Anzeige erfolgt mit einem Drehspulinstrument, dessen Meßbereich von 0 ··· 300 V unterdrückt und von 350 ··· 450 V gedehnt ist. Der Leistungsbedarf dieses Kreises wird vorwiegend vom Anzeigeinstrument bestimmt.

Aus Platz- und Energiegründen kommt zur Erzeugung der beiden genannten Spannungen nur ein transistorbestückter Zerhacker in Betracht, da die Speisung nur aus Sekundärbatterien erfolgt. Als Material für den Transvertertransformator fand Manifer 153 Verwendung. Die Schwingfrequenz des Transverters beträgt etwa 2 kHz. Diese Frequenz ist im

Hinblick auf kleine Siebmittel besonders günstig, so daß sich damit ein geringes Gewicht ergibt.
Der Transverter, der mit einem Leistungstransistor bestückt ist, erzeugt über eine Graetzschaltung von mehreren in Reihe geschalteten Germaniumdioden pro Zweig die Anodenspannung der dekadischen Kaltkatodenröhren. Der Wirkungsgrad des Transverters wird u. a. von der Sperrcharakteristik der Dioden beeinflußt. Um einen minimalen Sperrstrom zu erhalten, wurden zur Vermeidung von Symmetriewiderständen die Dioden hinsichtlich gleichen Sperrwiderstands ausgesucht. Der Spannung für die Kaltkatodenröhren wird eine zweite Gleichspannung in Reihe geschaltet und die Gesamtspannung zur Speisung des GM-Zählrohres verwendet.
Der Strom für Transistorverstärker und Transverter wird einer Batterie aus sechs in Reihe geschalteten gasdichten NC-Sammlern entnommen. Die Kapazität eines Sammlers beträgt 2 Ah.

Vorverstärker

Der Vorverstärker soll die Impulse des GM-Zählrohres so verstärken, daß die erste Kaltkatodenröhre Impulse erhält, die sowohl hinsichtlich ihrer Amplitude als auch ihrer Form eine sichere Zündung gewährleisten. Um nur Transistoren aus der DDR-Fertigung zu verwenden, wurde der Vorverstärker nur mit pnp-Transistoren der Typen OC 810, OC 811 und OC 820, letztere als Leistungsstufe, bestückt. Zur Potentialtrennung von Zählrohr und Steuerkreis des ersten Transistors mußte ein Kleinstübertrager zwischengeschaltet werden. Ein zweiter Übertrager ist am Ausgang des Vorverstärkers nötig, um die zum sicheren Arbeiten des ersten Kaltkatodenzählrohres erforderliche Impulsspannung von mindestens 50 V zu erzeugen. Durch die hohe Verstärkung und Begrenzung im Vorverstärker werden einmal die Impulse entsprechend geformt und zum anderen die gemäß Bild 4 während der Erholungszeit des Zählrohres bedingten kleinen Impulse auf die erforderliche Amplitude gebracht.
Bekanntlich ist nach der Zündung das Zählrohr für eine gewisse Zeit, die Totzeit τ_t, unempfindlich gegenüber einfallender Strahlung. Die nach der Totzeit auftretenden Entladungen ergeben dann die im Bild 4 dargestellten Impulse. Die Amplitude eines dieser Impulse ist also bei unmittelbar nach Verstreichen der Totzeit einsetzender Entladung sehr klein und erst eine nach der Zeit τ_r einsetzende Entladung hat einen Impuls ursprünglicher Größe zur Folge [3].
Ein besonderer Impulsformer vor dem ersten Kaltkatoden-Zählrohr konnte hier entfallen, da einmal diese Art von Zählrohren nicht sehr empfindlich gegenüber der Form der Starterimpulse ist und zum anderen durch geeignete Schaltungsmaßnahmen im Eingangsteil schon rechteckähnliche Impulse erzeugt werden.
Das Gerät wurde für die Verwendung des sowjetischen GM-Zählrohres CTC 5 und CTC 6 ausgelegt, das eine Plateauspannung von 400 V besitzt. Hinsichtlich der Verwendung anderer Zählrohre bestehen keine Einschränkungen, sofern man die Spannungsversorgung entsprechend vorsieht.

Zählstufe

Die Zählstufe besteht aus fünf dekadischen Kaltkatodenröhren mit unsymmetrischen Katoden [4]. Jede Röhre zählt eine Dezimale und liefert beim Übergang von der Katode 9 auf die Katode 0 einen Übertrag. Dieser entsteht dadurch, daß die Katode 0 besonders herausgeführt und ihr Strom nach Umformung in einen Spannungsimpuls zur Weiterschaltung der nachfolgenden Röhre verwendet wird. Der gesonderte Anschluß der 0-Katoden k_0 ermöglicht weiterhin eine einfache Nullstellung der Zählstufe.
Infolge der Entladecharakteristik der Batterie (siehe Bild 5) sinkt die Anodenspannung während des Betriebes und damit verringert sich entsprechend die Amplitude des von k_0 abgegebenen Signals. Die als Stromverstärker arbeitenden Transistoren zwischen den einzelnen Kaltkatodenröhren liefern bei diesem Abfall der Anodenspannung noch ausreichende Impulsspannungen am jeweiligen Ausgangstransformator. Die verwendeten Batterien liefern bei ununterbrochenem Betrieb für 4 ··· 5 Stunden den vom Gerät benötigten Strom.
Die Koppelschaltung zwischen den dekadischen Kaltkatodenröhren kann auf verschiedene Arten ausgeführt werden. Bild 6 zeigt eine Schaltung unter Verwendung einer Elek-

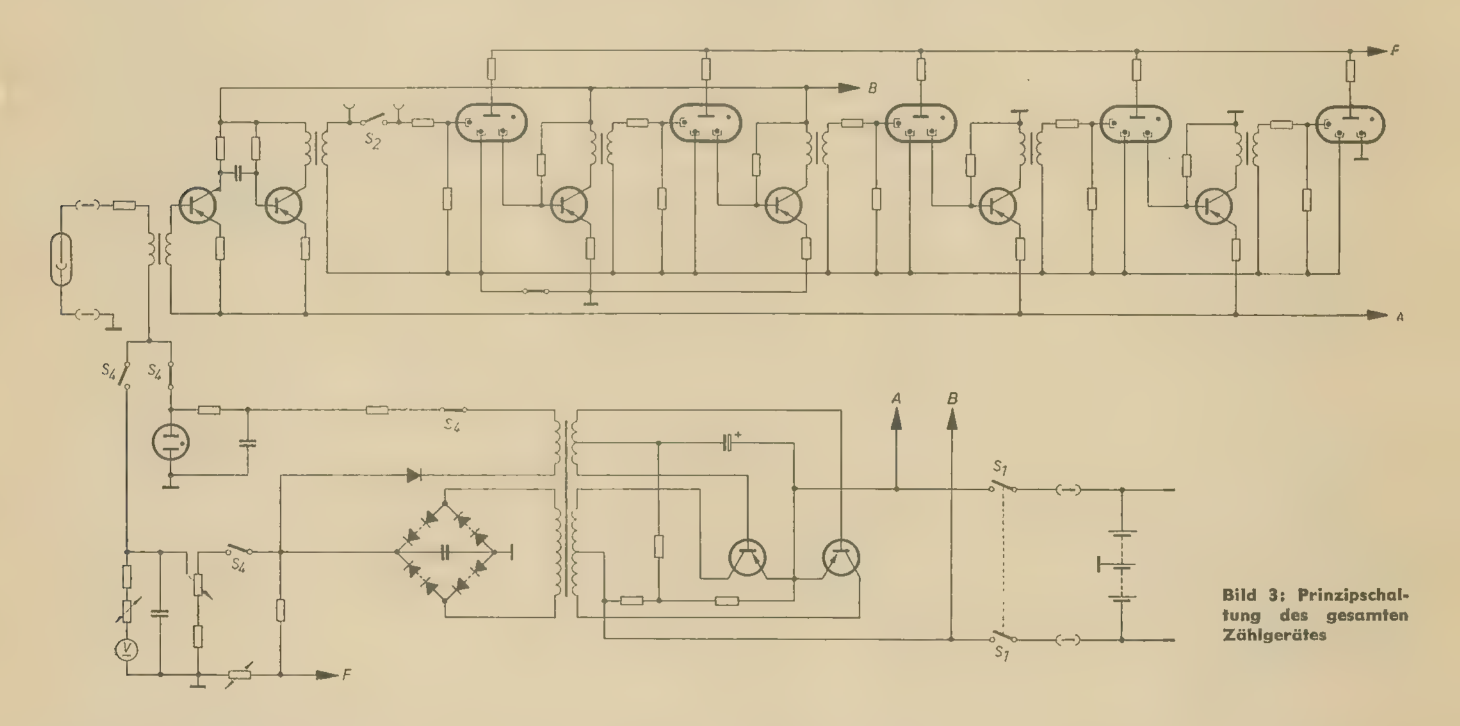


Bild 3: Prinzipschaltung des gesamten Zählgerätes

Die Speisespannungsschwankungen der Kaltkatodenröhren sind größer als der für ein sicheres Arbeiten der Kaltkatodenzählrohren zulässige Anodenspannungsbereich. Mit Hilfe einer Stabilisierungsschaltung wird erreicht, daß selbst bei Überschreitung der zulässigen Grenzen der Entladekennlinie der Batterie (siehe Bild 5) ein zuverlässiges Zählen der dekadischen Kaltkatodenröhren gewährleistet ist.
Die Betriebsspannung der als Zwischenverstärker verwendeten Transistoren beträgt etwa die Hälfte der Batteriespannung. Im Interesse einer langen Lebensdauer der Batterie sowie einer hohen Betriebsstundenzahl wurden die Verstärker in zwei Gruppen eingeteilt und jede Gruppe von einer Hälfte der Batterie gespeist. Da es sich hierbei um vier gleichartige Verstärker handelt, werden damit alle Zellen gleichmäßig entladen, was bei der großen Empfindlichkeit der NC-Sammler gegen Überladung von besonderer Bedeutung ist.

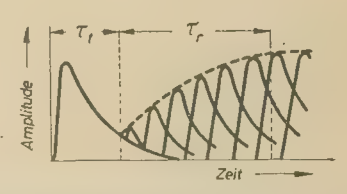


Bild 4: Zur Erläuterung der Totzeit und Erholungszeit beim Geiger-Müller-Zählrohr

tronenröhre. Im Bild 7 wird eine Drossel durch den verstärkten Übertrag-Impuls geschaltet. Die an der Induktivität auftretende hohe Schaltspannung dient zur Zündung der nachfolgenden Röhre. Hierbei ist zu beachten, daß die gesamte induzierte Spannung auch an der Strecke Kollektor — Emitter liegt. Die verwendeten Transistoren müssen deshalb eine ausreichende Sperrspannung besitzen.

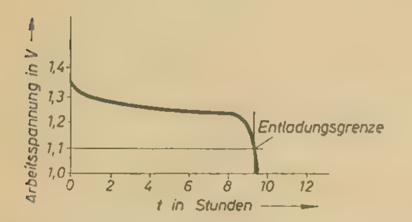


Bild 5: Entladekennlinie der gasdichten NC-Sammler 2 Ah bei einem Entladewiderstand von 6Ω und einer Temperatur von 20° [5]

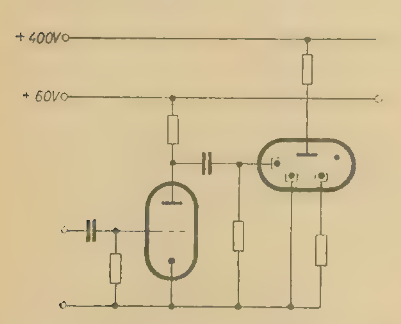


Bild 6: Koppelschaltung von dekadischen Kaltkatodenröhren mit Elektronenröhre

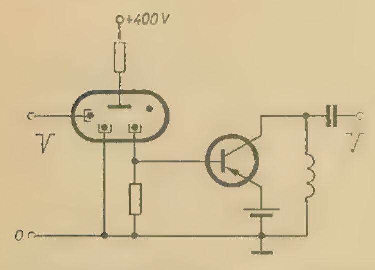


Bild 7: Koppelschaltung von dekadischen Kaltkatodenröhren mit Transistor und Drosselspule

Auch eine Kopplung ohne Verstärkerelemente mit Transformator ist möglich. Da diese Schaltung jedoch nicht zuverlässig arbeitet, findet sie kaum Anwendung.

Bild 8 zeigt eine Schaltung ohne induktive Koppelglieder. Sie verwendet Schalttransistoren mit hoher Sperrspannung als Verstärkerelemente. Der Eingang E der Koppelstufe ist mit k_0 des vorhergehenden Zählrohres verbunden. Springt die Entladung von k_9 auf k_0, so wird der Transistor durch einen positiven Impuls an der Basis gesperrt und liefert einen negativen Zündimpuls an die folgende Zählröhre. Die Betriebsspannung der Transistoren muß zur sicheren Zündung der Zählrohre mindestens 60 V betragen.

In dem hier beschriebenen Gerät wurde zur Kopplung der Zählröhren die Transformator-Transistor-Kopplung gewählt. Dafür waren folgende Gründe maßgebend:

Die Verstärkung mit Elektronenröhren scheidet aus Raum- und Energiegründen aus. Aus wirtschaftlichen Erwägungen kommt die

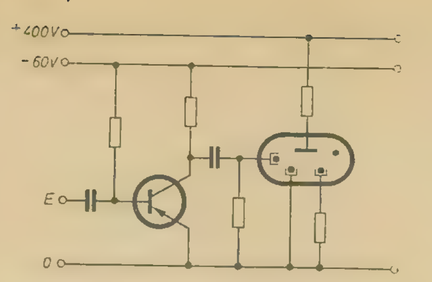


Bild 8: Koppelschaltung von dekadischen Kaltkatodenröhren mit Transistor und hoher Betriebsspannung

Drosselkopplung nicht in Frage, da sie bei gleicher Stückzahl der Bauelemente teure Schalttransistoren erfordert. Die Transformatorkopplung scheidet aus den bereits genannten Gründen aus. Die Kopplung mit Schalttransistoren hoher Sperrspannung benötigt gegenüber der Transistor-Transformator-Kopplung auf Grund der hohen Betriebsspannung rund die doppelte Leistung. Da die Transistoren bei beiden Schaltungen im Ruhezustand stromführend sind, wirkt sich dieser Gesichtspunkt bei der Energiebilanz des Gesamtgerätes aus.

Technische Daten

Das beschriebene Gerät eignet sich zur Messung radioaktiver Strahlung und kann in Verbindung mit dem sowjetischen Geiger-Müller-Zählrohr CTC 5 und CTC 6 bis zu einer Maximalzählrate von 500 Imp/s verwendet werden.

Das Gerät arbeitet bis über die zulässigen Grenzen der Entladekennlinie der Batterie zuverlässig.

Wie bereits erwähnt, beträgt die Betriebsdauer mit den hier verwendeten Akkumulatoren 4 ··· 5 Stunden. Die Lebensdauer des Gerätes ist, sofern man von der Batterie absieht, auf Grund der verwendeten Bauelemente sehr hoch. Die vermutlich kurzlebigsten Bauteile des Gerätes sind die Kaltkatodenzählrohre, deren Lebensdauer etwa 25000 Brennstunden beträgt.

Das Gerät ist außerdem ausgerüstet mit einem Start-Stop-Schalter, einem Anschluß für einen Zeitkontakt, einem Nullstellungsschalter und einer Umschaltmöglichkeit der GM-Zählrohrspeisespannung vom nicht regelbaren stabilisierten Zustand auf den regelbaren Zustand mit Spannungsanzeige.

Das Gerät fordert außer dem laufenden Laden und der Pflege der Batterie keinerlei Wartung und kann auf Grund seiner einfachen Handhabung leicht von Hilfskräften bedient werden.

Zusammenfassung

Einleitend wird auf die in zunehmendem Maße durchgeführten radioaktiven Meßverfahren hingewiesen und die Notwendigkeit eines GM-Zählgerätes festgestellt, das u. a. den Forderungen kleiner Abmessungen, geringen Gewichtes, Batteriespeisung, hoher Meßgenauigkeit und hohen Auflösungsvermögens genügt.

Es werden die einzelnen Baugruppen eines nach den genannten Gesichtspunkten entwickelten Gerätes beschrieben, und zwar der Stromversorgungsteil, der Vorverstärker und die Zählstufe. Der Strom für Transistorverstärker und Transverter wird von gasdichten NC-Sammlern geliefert.

Sämtliche Verstärker sind in Transistorschaltungen ausgeführt. Die Zählstufe besteht aus fünf dekadischen Kaltkatodenröhren mit unsymmetrischen Katoden.

Die höchste Zählrate beträgt 500 Imp/s, die Betriebsdauer bei den verwendeten Akkumulatoren 4 ··· 5 Stunden.

Vorgesehen ist Nullstellungsschalter, Start-Stop-Schalter, Anschluß für Zeitkontakt, Umschaltung der GM-Zählrohrspannung von stabilisiert auf regelbar und Anzeige der geregelten Spannung.

Literatur

[1] H. Schneider: Strahlungsmeßgeräte; VDI—Z 101, 21 (1959) S. 967 ··· 974

[2] G. Lemm und R. Zaubitzer: Schaltung zur Messung kleinster elektrischer Ladungen, insbesondere für Geigerzählungen; Sonderdruck aus Feinwerktechnik 4 (1959)

[3] Herforth-Koch: Radiophysikalisches und radiochemisches Grundlagenpraktikum; VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften

[4] W. Rentsch: Untersuchungen an Kaltkatoden-Zählröhren; Hochfrequenztechnik und Elektroakustik, Bd. 65, 2 (1956)

[5] J. Zieke: Galvanische Elemente und Batterien tragbarer Meßgeräte; radio und fernsehen 13 (1960) S. 424 ··· 428

Aufbau, Wirkungsweise und Eigenschaften von Vakutronik-Zählrohren, Teil 1

K. H. OERTEL, K. MATAUSCHEK, H. OERTEL und W. PERTERMANN
Mitteilung aus dem VEB Vakutronik, Dresden

In den letzten Jahren sind im VEB Vakutronik eine Reihe von Zählrohrtypen entwickelt und in die Fertigung übergeleitet worden, die in zunehmendem Maße für Messungen auf dem Gebiet der Kernphysik und Kerntechnik eingesetzt werden. Im Interesse einer möglichst allseitigen Information wird nachfolgend über ihre Eigenschaften zusammenfassend berichtet. Hinsichtlich einer ausführlichen Darstellung der während einer Zählrohrentladung ablaufenden Prozesse und der Form der entstehenden Impulse sei auf die Artikel von Gerber [1] in radio und fernsehen und auf die einschlägige Literatur [2] verwiesen.

Aufbau und Betriebsschaltung

Den typischen Aufbau eines Zählrohres gibt Bild 1 wieder: In der zylindrischen Katode von 3 ··· 50 mm Durchmesser, die aus Metall oder einer Graphitschicht auf der Innenseite eines Glasrohres besteht, ist ein koaxialer Anodendraht von 0,02 ··· 1 mm Durchmesser aus Wolfram, Tantal oder Molybdän gespannt. Das Koaxialsystem ist an beiden Enden isolierend verschlossen und wird nach sorgfältiger Evakuierung mit einer Gas-Dampf-Mischung gefüllt. Als Gase werden vornehmlich die Edelgase Helium, Neon, Argon, Krypton und Xenon verwendet, wobei der Fülldruck zwischen 50 ··· 500 Torr liegt. Als Dampfzusatz („Löschdampf") sind eine Vielzahl organischer und anorganischer Substanzen untersucht worden. Einige Beispiele sind:

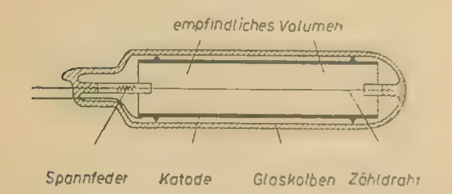
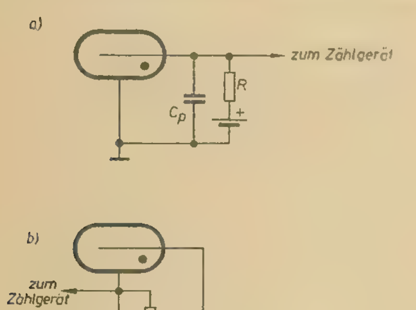


Bild 1: Schematischer Aufbau eines Zählrohres



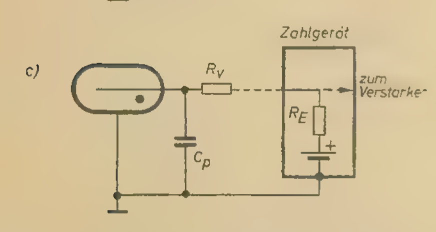


Bild 2: Zählrohrstromkreis a) anodenseitige Impulsauskopplung, b) katodenseitige Impulsauskopplung, c) anodenseitige Impulsauskopplung mit Spannungsteiler bei großen Impulsamplituden

Methan, Alkohol, Methylal sowie neuerdings Brom, Chlor und Jod. Der Fülldruck dieser Komponente beträgt im Fall der ersten Gruppe etwa 10 Torr, bei der zweiten weniger als 1 Torr.

Am Anodendraht[1]) muß, bezogen auf die Zylinderkatode, eine positive Spannung von 0,3 ··· 5 kV je nach Zählrohrtyp liegen. Im Zählrohrstromkreis befindet sich der Arbeitswiderstand R. An ihm wird der durch eine Entladung im Zählrohr hervorgerufene Spannungsimpuls abgegriffen und einem Zählgerät zugeführt (Bild 2). Bei Zählrohren, die besonders große Impulshöhen liefern, kann der Widerstand R auch unterteilt sein (Bild 2c). Die Auskopplung der Impulse kann sowohl anoden- als auch katodenseitig erfolgen, jedoch hat sich, außer in speziellen Laborschaltungen, die Schaltung nach Bild 2a durchgesetzt, da sie die Katode auf Erdpotential beläßt. Dies ist aus Gründen des Berührungsschutzes besonders bei Zählrohren mit Metallmantelkatode wichtig.

Wirkungsweise und Eigenschaften

Im Zählrohr kann nur dann eine Entladung ausgelöst werden, wenn Elementarteilchen das „aktive Volumen"[2]) erreichen und die im Zählrohr vorhandene Gas-Dampf-Mischung ionisieren. Neutronen z. B. besitzen diese Eigenschaft nicht, so daß zu ihrem Nachweis ein indirekter Weg eingeschlagen werden muß (siehe Typ VA-Z-560 ··· 567). Um ein in das Zählrohr eindringendes Elementarteilchen oder Quant als Impuls registrieren zu können, muß die Betriebsspannung des Zählrohres (U_Z) größer als die „Einsatzspannung" (U_E) sein, d. h., der Arbeitspunkt (U_A) muß im „Plateaubereich" der Zählrohrcharakteristik liegen (Bild 10). Die Kenngrößen „Plateaulänge" (ΔU) und „Plateausteigung" (S) dieser Charakteristik stellen wichtige Gütekriterien eines Zählrohres dar (vgl. [1]). Jedes Zählrohr hat Spannungsbereiche, in denen es entweder als Ionisationskammer, als Proportional- oder als Auslösezählrohr arbeitet. Durch geeignete Wahl des Aufbaus und der Füllung wird der gewünschte Arbeitsbereich auf Kosten der anderen erweitert, so daß jeder Zählrohrtyp praktisch entweder nur als Auslöse- oder nur als Proportionalzählrohr eingesetzt werden kann. Beim Auslösezählrohr ist die erzeugte Ladungsmenge und damit die Impulshöhe unabhängig von der Energie oder Art des Teilchens, während sie im Proportionalzählrohr proportional der Energie ist, die das Teilchen beim Durchqueren des aktiven Volumens verliert. Wird das Teilchen im Zählrohr völlig abgebremst, so ist damit die Möglichkeit gegeben, seine gesamte Energie zu bestimmen (Spektrometrie).



Bild 3: Zählrohre für β- und γ-Strahlung stehend von links nach rechts: VA-Z-113, 111, 114, 110 liegend: VA-Z-112

Typenbezeichnung

Der Bezeichnung der verschiedenen Zählrohrtypen des VEB Vakutronik liegt eine Systematik zugrunde, die dem Anwender bereits ungefähre Anhaltspunkte für die Einsatzmöglichkeiten des Zählrohres bietet. Tabelle 1 erläutert die wichtigsten Kennzeichen und ordnet diese den entsprechenden Zählrohrtypen zu.

Glaszählrohre

VA-Z-110, 111, 112, 113

Diese vier Zählrohr-Typen (Bild 3) erfassen ein weites Gebiet der im Labor, bei Strahlenschutzmessungen und im industriellen Einsatz anfallenden Aufgaben. Infolge der von Hand bzw. maschinell dünn gezogenen Glaswandung (vgl. Tabelle 2) sprechen diese Zählrohre außer auf γ-Strahlung auch auf β-Strahlung mit Energien von einigen Hundert keV

---

[1]) Man beachte die verschiedenartige Bezeichnung gegenüber der Elektronenröhre.

[2]) Das sogenannte „aktive Volumen" umfaßt näherungsweise den Raum zwischen Anode und Katode innerhalb der rohr- oder kugelförmigen Begrenzungen des elektrischen Feldes an beiden Enden des Anodendrahtes.

Tabelle 1:
Typenbezeichnung von Vakutronik-Zählrohren

VA-Z-	Kennzeichen	Beispiel
100 ··· 199	Zählrohre, empfindlich für γ-Strahlung und für β-Strahlung mit E_{max} $> 0{,}2 \cdots 0{,}3$ MeV	VA-Z-110, 111, 112, 113, 114
200 ··· 299	γ- und Höhenstrahlzählrohre	VA-Z-231, 232, 241
300 ··· 399	Fensterzählrohre	VA-Z-310, 312, 320, 330
400 ··· 499	Zählrohre für flüssige Proben	VA-Z-410, 430, 431
500 ··· 599	Proportionalzählrohre	VA-Z-520, 560 ··· 567

Tabelle 2:
Abmessungen* von β-γ-Zählrohren

Typ	VA-Z-110	111	112	113	114
aktive Länge in mm	20	80	145	80	45
Katodendurchmesser in mm	10	15	25	15	10
empfindl. Querschnittsfläche in cm²	2	12	36	12	4,5
Wanddicke in mm	0,10···0,16	0,10···0,16	0,3···0,4	0,10···0,16	0,18···0,26
Flächendichte der Wand in mg/cm²	25···40¹)	25···40¹)	75···95¹)	25···40	45···65¹)

¹) zuzüglich 5 mg/cm² für den lichtdichten Lacküberzug.

an. Ihre empfindlichen Querschnittsflächen sind zweckentsprechend abgestuft (Tabelle 2). Es werden Plateausteigungen von 1 ··· 4%/100 V erreicht. Nur im Falle des VA-Z-110 treten größere Werte auf, da sich bei diesem Zählrohrtyp wegen der kurzen freien Anodendrahtlänge von 20 mm bereits die Verzerrungen des elektrischen Feldes durch die Glasmäntel an den Enden des Drahtes bemerkbar machen. Bild 4 demonstriert die allmählich in Richtung Zählrohrmitte zunehmende Empfindlichkeit (Typ VA-Z-111), wobei das Ausmaß des Einflusses der Feldverzerrung auf die Gesamtempfindlichkeit des Zählrohres noch von der Arbeitsspannung abhängt.

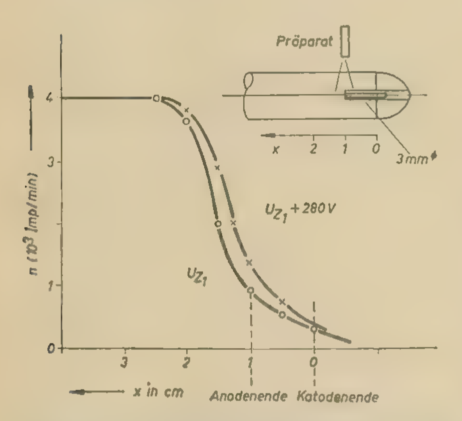


Bild 4: Empfindlichkeit eines Zählrohres in der Umgebung der Anodendrahtaufhängung bei zwei verschiedenen Arbeitsspannungen U_{Z_1} und $U_{Z_2} = U_{Z_1} + 280$ V

Infolge einer gründlichen vakuumtechnischen Vorbehandlung wird eine Lebensdauer von 10^8 Impulsen und mehr erreicht (Bild 5). Zwar steigt die Einsatzspannung mit wachsender Impulszahl N fortlaufend an, aber Steigungen von 10%/100 V und Plateaulänge von weniger als 100 V treten erst nach $1 \cdots 5 \cdot 10^8$ Impulsen auf. Diese Plateauverringerung ist sowohl auf die Zerstörung des Löschdampfes durch die Entladung [3] als auch auf die Bedeckung der Katode mit einer Schicht fester Kohlenwasserstoffverbindungen als Folge der Löschdampfzersetzung zurückzuführen.

Der zulässige Temperaturbereich eines Zählrohres wird durch Adsorptions- und thermische Dissoziationsvorgänge festgelegt. Für die Grenze des Arbeitsbereiches nach tiefen Temperaturen hin sind Adsorptionsvorgänge maßgebend, die beträchtlich vom Katodenmaterial abhängen. So ruft eine Graphitkatode infolge ihrer feinstkristallinen, lockeren Struktur einen stärkeren „Gang" der Einsatzspannung hervor als eine Kupferkatode (Bild 6). Trotz dieses Nachteils wird die Graphitkatode infolge technologischer Vorzüge dort eingesetzt, wo Temperatureffekte eine geringe Rolle spielen (Laborbetrieb der Zählrohre). Die obere Temperaturgrenze des Arbeitsbereiches wird bei organisch gelöschten

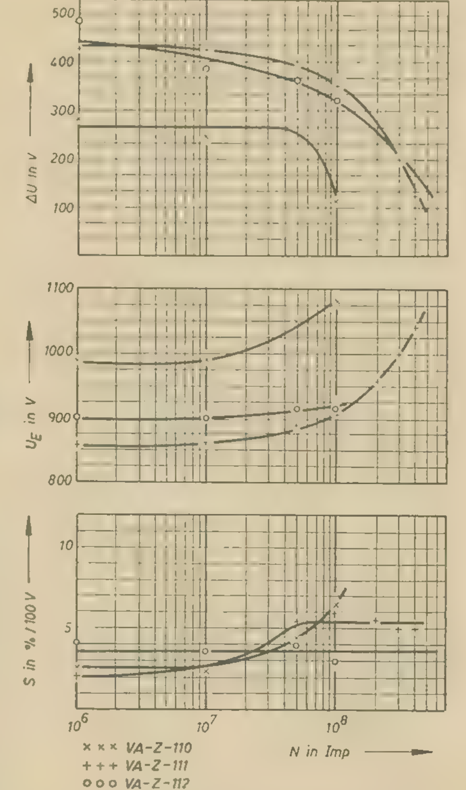


Bild 5: Abhängigkeiten der Plateaueigenschaften S, U_E, ΔU von der Impulslebensdauer (Typ VA-Z-110, 111, 112)

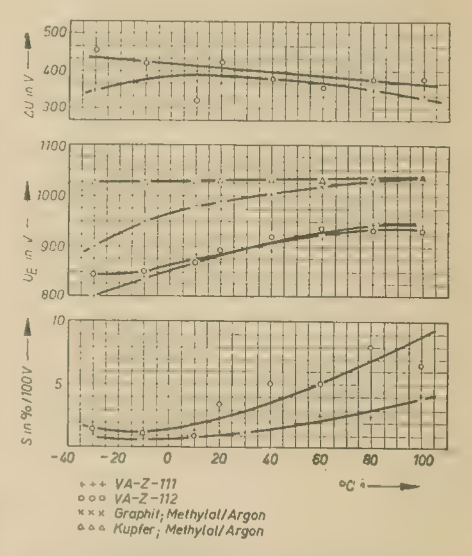


Bild 6: Abhängigkeiten der Plateaueigenschaften S, U_E, ΔU von der Zählrohrtemperatur für verschiedene Katodenmaterialien und Zählrohrtypen

Zählrohren durch die thermische Zersetzung des Löschdampfes bestimmt. Da diese Änderungen des Dampfanteiles durch Abkühlen des Zählrohres auf Zimmertemperatur nicht wieder aufgehoben werden können, müssen die diesbezüglichen Angaben der Zählrohrhersteller sorgfältig beachtet werden, wenn man die vorzeitige Zerstörung des Zählrohres vermeiden will. Bild 6 zeigt die Temperaturabhängigkeiten der Plateauwerte für die Typen VA-Z-111 und 112, woraus ein Arbeitsbereich von etwa $-40° \cdots +100$ °C erfolgt. Dieser Bereich gilt jedoch nur für ungesockelte Zählrohre, da die Sockelbefestigung den Einsatz oberhalb $+60$ °C im allgemeinen ausschließt.

Eine andere wichtige Kenngröße der Zählrohrentladung ist die Ladungsmenge pro Impuls (Q). Sie ist beim Zählrohr mit organischem Löschdampf unabhängig vom Arbeitswiderstand und von zusätzlichen Kapazitäten C_p an der Anode, sondern hängt nur von der Spannung ab. (Bei Impulsdichten $n > 1000$ Imp/s wird Q allerdings mit wachsendem n etwas kleiner.)

Bild 7 zeigt Q als Funktion der Überspannung $U_ü = U_Z - U_E$ für die Typen VA-Z-111 und 112.

Wenn Q nur von der Zählrohrgeometrie, der Füllung und der anliegenden Spannung abhängt, so muß die Impulsamplitude U_{max} gemäß

$$U_{max} = A \cdot \frac{Q}{C} \quad (1)$$

umgekehrt proportional C sein (vgl. [1]).

$C = C_Z + C_p$ ist die Gesamtkapazität an der Zählrohranode, die sich aus der Eigenkapazität des Zählrohres C_Z und der Parallelkapazität C_p zusammensetzt. A ist ein Formfaktor, der die Integration und Differentiation des Impulses in der Schaltung berücksichtigt. Wie Bild 8 zeigt, tritt tatsächlich die erwartete Abhängigkeit von C_p auf. Analog zur Ladungsmenge pro Impuls nimmt natürlich auch die Impulsamplitude mit der Zählrohrspannung zu.

Zählrohre besitzen eine Totzeit, d. h., sie sind nach dem Eintreffen eines Elementarteilchens oder Quants, das eine Entladung auslöst, für eine gewisse Zeit unempfindlich gegen alle danach eintreffenden Teilchen oder Quanten. Diese Eigenschaft hat ihre Ursache in dem Ionenschlauch, der während einer Entladung um die Anode herum entsteht. Solange er in unmittelbarer Anodennähe verweilt, setzt er die dort vorhandene elektrische Feldstärke so stark herab, daß die Entwicklung weiterer Ionenschläuche, die von nachfolgenden Elementarteilchen erzeugt würden, weitgehend unterdrückt wird. Je schneller sich ein Ionenschlauch von der Anode entfernt, um so kürzer ist die Totzeit. Die Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen wächst mit der Zählrohrspannung, d. h., die Totzeit nimmt mit Größerwerden von U_Z ab. Diese Tatsache ist aus Bild 9 zu ersehen. Daß der Einfluß des Edelgases auf die Totzeit relativ gering ist (wenn man gleiche Spannungen an das Zählrohr legt), geht aus den Kurven für das Zählrohr VA-Z-110 (Laborausführung) mit Helium- bzw. Argonfüllung hervor. Hieraus kann man schließen, daß der Ionenschlauch schon in Anodennähe praktisch nur aus Löschdampfmolekülen besteht. Die schon erwähnte Verringerung der Ladungsmenge pro Impuls bei sehr hohen Impulsdichten n drückt sich auch in einer Abnahme der Totzeit mit n aus (Bild 9, VA-Z-330), weil bei kleineren Raumladungen schneller das ungestörte elektrische Feld wieder hergestellt werden kann.

Die Totzeit des Zählrohres ist Ursache dafür, daß Zählverluste auftreten. Während bei kleinen Strahlungsintensitäten die beobachtete Impulsdichte annähernd linear mit der Intensität ansteigt, nimmt sie bei großen Dosisleistungen weniger stark zu. Es kann schließlich sogar ein Maximalwert erreicht und überschritten werden (s. Bild 12). Das Verhältnis von Impulsdichteänderung zu Dosisleistungsänderung bei niedrigen Intensitäten kann als die Empfindlichkeitskonstante E des Zählrohres bezeichnet werden, die die Dimension (Imp/s)/(mr/h) besitzt. Tabelle 3 enthält für einige Zählrohre die bei der angegebenen γ-Energie ermittelten Werte der Empfindlichkeitskonstanten.

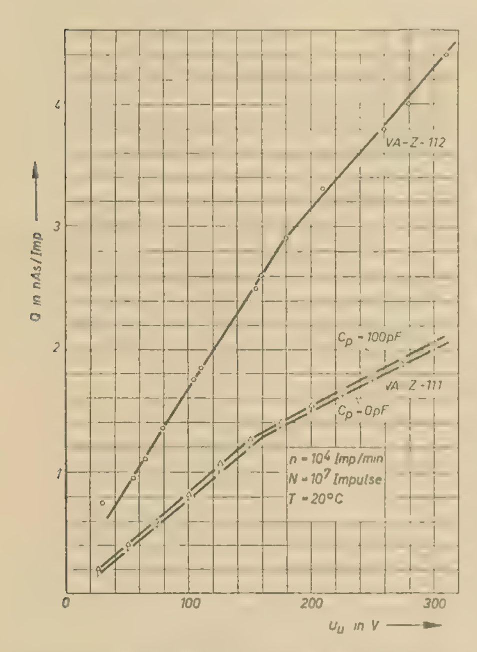


Bild 7: Abhängigkeit der Ladungsmenge/Impuls Q von der Spannung, von der Größe des Zählrohres und der Parallelkapazität C_p

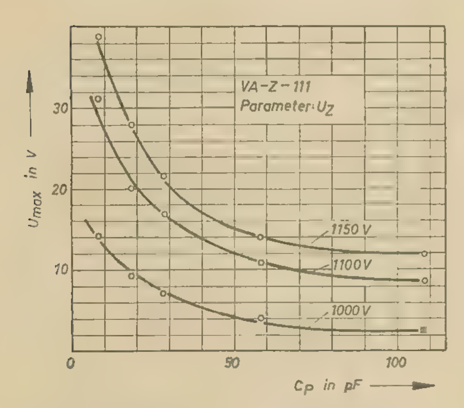


Bild 8: Abhängigkeit der Impulsamplitude von der Parallelkapazität C_p und der Zählrohrspannung U_Z

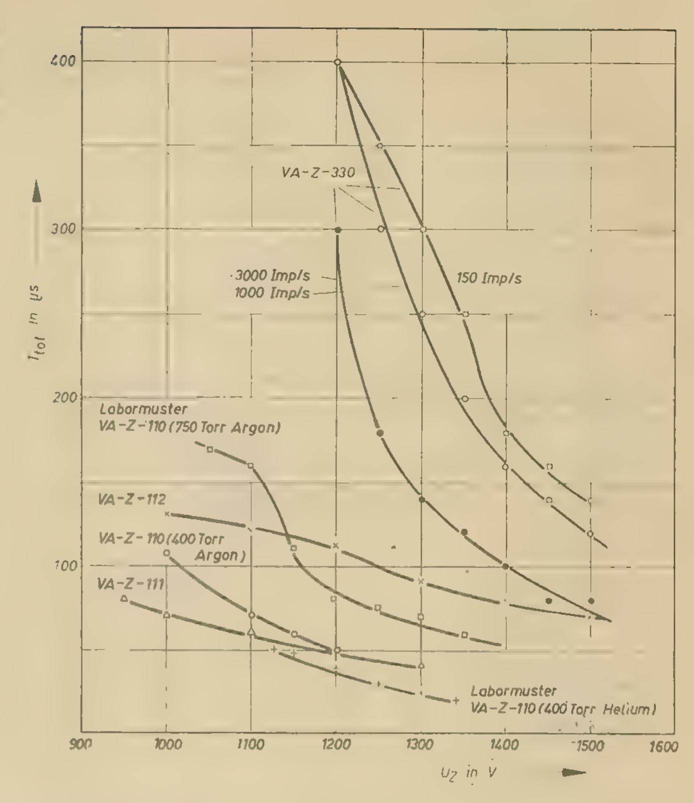


Bild 9: Abhängigkeit der Totzeit von der Größe des Zählrohres, vom Gasdruck, von der Gasart und der Impulsdichte

Tabelle 3: Empfindlichkeitskonstanten einiger Zählrohre

VA — Z —	110	111	112	114
E (Imp/s)/(mr/h)	≈ 7	40	140	20
γ-Energie in MeV	0,18	0,18	0,18	1,3

Die im Laufe der Impulslebensdauer eines Zählrohres zunehmende Bedeckung der Katode mit festen Niederschlagsprodukten der zersetzten Löschdämpfe bewirkt eine zunehmende Lichtempfindlichkeit. Das Zählrohr spricht immer stärker auf Licht, insbesondere auf dessen ultravioletten Bereich an. Der Nulleffekt, der sonst nur von der Höhen- oder Umgebungsstrahlung bzw. von der Eigenaktivität der Baumaterialien herrührt, nimmt laufend zu. Besonders bei langdauernden Messungen großer Intensitäten kann schließlich das Plateau völlig verschwinden, obwohl es am Anfang der Messung noch vorhanden war. Die Zählrohre VA-Z-110, 111, 112 sind deshalb mit einer Lackschicht von etwa 5 mg/cm² Flächendichte überzogen, deren Beschädigung vermieden werden muß. Der Typ VA-Z-113, der sonst dem VA-Z-111 äquivalent ist, besitzt diese Lackschicht nicht, um das Zählrohr in radioaktive Flüssigkeiten eintauchen und nach der Messung wieder abwaschen zu können. In diesem Fall muß die Meßapparatur so aufgebaut sein, daß das Eindringen von Licht in das Zählrohr verhindert wird.

Halogenzählrohr

VA-Z-114

Zwei charakteristische Eigenschaften der oben erläuterten Auslösezählrohre sind erstens ihre Betriebsspannung von etwa 1000 V und zweitens ihre Lebensdauer von etwa $1 \cdots 5 \cdot 10^8$ Impulse. Beide Merkmale sind typisch für

Zählrohre mit organischen Löschdämpfen. Sie stellen insbesondere für den industriellen Einsatz und für die Anwendung in tragbaren Geräten einen ernsthaften Mangel dar. In den letzten Jahren sind deshalb von vielen Firmen neue Zählrohrtypen entwickelt worden, die diesen Mängeln begegnen. Man erreicht dies, indem man statt des organischen Löschdampfes dem Grundgas (Neon, Argon) Halogendämpfe beimischt (Brom, Chlor, Jod), deren Konzentration jedoch weniger als 1% beträgt. Diese geringe Konzentration und die Tatsache, daß Halogene chemisch außerordentlich aggressiv sind, erfordern in fertigungstechnologischer Hinsicht neue Materialien und Verfahren, um das Zählrohr funktions- und lagerfähig zu machen. Das Zählrohr

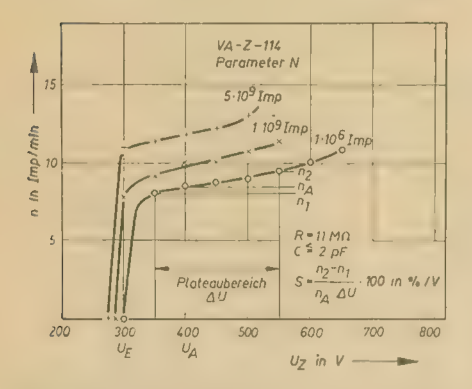


Bild 10: Plateaus eines Zählrohres vom Typ VA-Z-114 in Abhängigkeit von der Impulslebensdauer und Erläuterungen der Kennwerte: Einsatzspannung U_E, Plateaulänge ΔU, Plateausteigung S

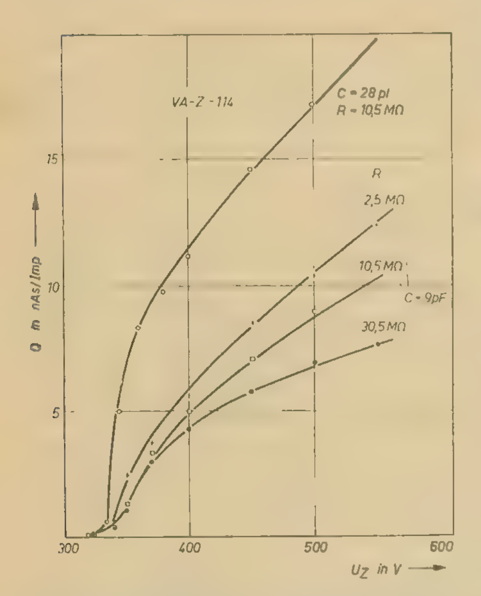


Bild 11: Abhängigkeit der Ladungsmenge/Impuls von der Zählrohrspannung U_Z, dem Arbeitswiderstand R und der Gesamtkapazität $C = C_Z + C_p$ beim Typ VA-Z-114

VA-Z-114 (Bild 3), das als erstes einer Halogen-Zählrohrtypenreihe in die Fertigung übergeleitet wurde, besitzt eine halogenbeständige Halbleiterkatode aus Zinndioxyd (SnO_2). Plateauwerte dieses Typs zu Beginn der Lebensdauer und nach $\geqq 10^9$ Impulsen sind im Bild 10 dargestellt worden. Halogenzählrohre gehören zur Gruppe der nichtselbstlöschenden Zählrohre, d. h., es muß — z. B.

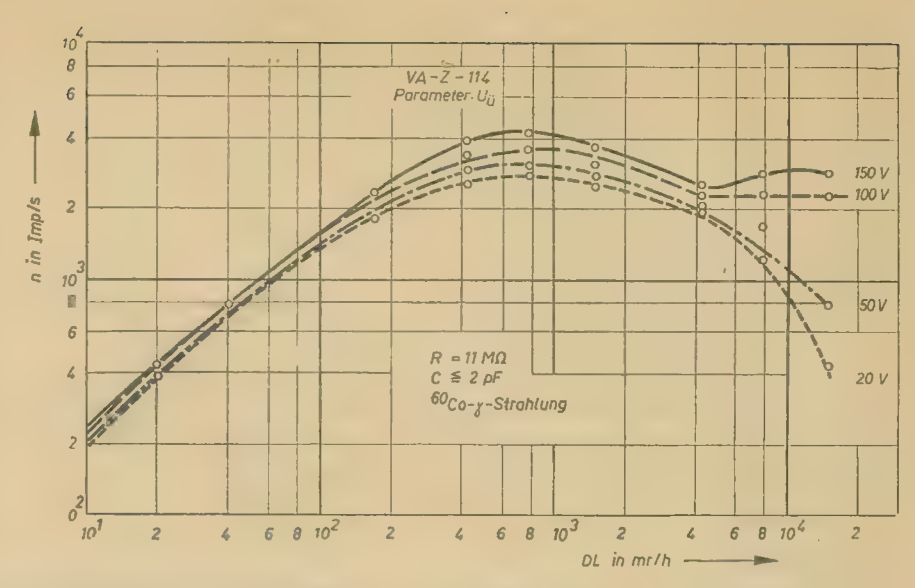


Bild 12: Abhängigkeit der Impulsdichte n von der Dosisleistung DL bei verschiedenen Überspannungen $U_ü = U_Z - U_E$ (VA-Z-114)

durch Wahl eines passenden Arbeitswiderstandes R — dafür gesorgt werden, daß die Entladung nach Ablauf des ersten Impulses, der von einem Teilchen erzeugt wird, nicht wieder zündet. Die nichtselbstlöschende Eigenschaft bringt eine starke Abhängigkeit verschiedener wichtiger Zählrohrparameter von den äußeren Schaltelementen (Arbeitswiderstand R, Parallelkapazität C_p [vgl. Bild 2c]) mit sich. Z. B. wird die Ladungsmenge pro Impuls von C_p und R merklich beeinflußt (Bild 11). Bei jeder Entladung sinkt die Spannung am Zählrohr von der Arbeitsspannung bei etwa 400 V bis weit unter die Einsatzspannung auf eine „Löschspannung" herab, die <200 V sein kann. Es treten demnach Impulshöhen von 200 V und mehr auf, die die üblichen Zählgeräte völlig übersteuern würden. Aus diesem Grunde ist es notwendig, das Zählrohr über einen Spannungsteiler nach Bild 2c mindestens im Verhältnis $R_v : R_E = 10 : 1$ an das Meßgerät anzuschließen. In diesem Fall soll das Zählrohr so wenig wie möglich kapazitiv belastet werden, da sich für $C_p > 10$ pF seine Plateaueigenschaften stark verschlechtern. Ein typisches Beispiel für die Abhängigkeit der Impulsdichte von der Dosisleistung bei Halogenzählrohren enthält Bild 12, aus dem man die Empfindlichkeitskonstanten bei Dosisleistungen bis 10 mr/h zu 20 Imp/s/mr/h entnimmt. Die maximale Impulsdichte wird etwa bei 1 r/h erreicht. *Wird fortgesetzt*

Mikrowellen-Leistungsmessung

Im Franklin-Institut, Philadelphia, ist ein Hochfrequenz-Bolometer in Entwicklung, mit dem man hofft, Leistungsmessungen bis zu 10^{-16} W zu erreichen. Die bisherigen Prüfungen wurden bis 1000 MHz ausgeführt, jedoch läßt sich das Aufbauprinzip so weit verändern, daß Leistungsmessungen im gesamten Hochfrequenzgebiet zu erreichen sind. Das Instrument enthält einen sehr dünnen Quarzfaden von einer Länge von 4 cm. Auf der Oberfläche dieses Fadens ist eine 200 Å starke Schicht aus Zinn aufgetragen. Der Faden befindet sich in einer luftleeren Kammer, die von flüssigem Helium bei einer Temperatur von 1,9 K° umgeben ist. Die Supraleitfähigkeit des Zinns wird durch ein angelegtes Magnetfeld von etwa $150 \cdot 10^{-6}$ Wb/m² von 3,85 K° auf 1,9 K° gesenkt. Innerhalb dieses Bereiches ergeben sich durch kleine Temperaturänderungen, die von der aufgenommenen Hochfrequenzleistung verursacht werden, schon leicht meßbare Widerstandsänderungen. Meßbare Werte sind schon bei einer Temperaturänderung von 10^{-3} K° vorhanden. Das Verhalten des flüssigen Heliums unter 2,19 K° ist so, daß eine an einem Punkt eingeführte Wärme umgehend auf die gesamte Flüssigkeit verteilt wird. Ein Heizelement hält die gewünschte Temperatur des Heliums auf 10^{-6} K° genau ein. Dem Regler wird von einem Kohlethermometer die gemessene Temperatur zugeführt.

Die elektrische Verbindung zu den beiden Enden des Quarzfadens bilden Bleikügelchen von 1 mm Durchmesser. Da die Ausdehnungskoeffizienten von Zinn und Quarz verschieden sind, tritt der Quarzfaden in das Kügelchen ohne Zinnbelag ein. Dieses zinnfreie Fadenende wird durch Elektronen aus dem Bleikügelchen überbrückt. Die HF-Energie wird durch ein Koaxialkabel dem Bolometer zugeführt, bei sehr hohen Frequenzen wird ein entsprechender Hohlleiter benutzt.

Mit Hilfe eines geringen Stromes von etwa 0,5 mA aus einem Normalelement wird der Widerstand des Bolometers genau eingehalten.

Elektronik 12 (1960)

Die Maßeinheiten der Kernstrahlung

Dipl.-Ing. FRIEDRICH BENDEL und Ing. KURT LANGHANS

Da erfahrungsgemäß das Verständnis eines physikalischen Problems oft dadurch erschwert wird, daß man mit den Maßeinheiten nicht richtig vertraut ist, und die angewandte Radioaktivität bzw. die Kernstrahlungsmeßtechnik hier keine Ausnahme bildet, sollen im folgenden die wichtigsten Begriffe und Maßeinheiten dieses Gebietes betrachtet werden.

Die Aktivität

Unter der Aktivität eines radioaktiven Präparates versteht man die Anzahl der Atomkerne des Präparates, die sich in der Zeiteinheit spontan unter Aussendung von Kernstrahlung umwandeln.

Eine natürliche Maßeinheit für die Aktivität ist daher die Anzahl der Kernumwandlungen bzw. Zerfallsprozesse je Sekunde (Z/s), auch als tps (Transmutationen pro Sekunde) bezeichnet. Daneben gibt es noch analog die Einheit tpm (Transmutationen pro Minute), die deshalb eine gewisse Bedeutung hat, weil Zählraten gewöhnlich in Imp/min gemessen werden.

Als neuere Einheit wurde das Rutherford (rd) vorgeschlagen, 1 rd = 10^6 Z/s. Es ist deshalb sehr zweckmäßig, weil für die meisten technischen Anwendungen Präparate mit einer Aktivität in dieser Größenordnung benutzt werden. Die am häufigsten benutzte Einheit ist jedoch noch das Curie (c) bzw. dessen Untereinheiten das Millicurie (mc) und das Mikrocurie (μc).

Ein radioaktives Präparat hat die Aktivität von 1 c, wenn sich in der Sekunde im Mittel $3{,}7 \cdot 10^{10}$ Kerne des Präparates spontan umwandeln.

Daneben gibt es noch eine alte Definition des Curie. Nach der ursprünglichen Definition ist ein „altes“ Curie (C) diejenige Menge Radon, die sich mit 1 g Radiumelement im radioaktiven Gleichgewicht befindet. Später wurde diese Definition auf die anderen Zerfallsprodukte des Radiums erweitert. Danach hat ein Zerfallsprodukt der Radiumreihe die Aktivität von 1 C, wenn in ihm in der Zeiteinheit genauso viel Kerne zerfallen, wie in 1 g Radiumelement.

Die alte Definition des Curie (C) war nur so lange zweckmäßig, wie man noch die Aktivität durch Vergleich mit entsprechenden Radiumpräparaten bestimmte. Mit der Entdeckung und Herstellung künstlich radioaktiver Nuklide (Atomkernarten, oft unpräzise als „Isotope“ bezeichnet) traten die Aktivitätsmessungen in den Vordergrund, die auf der Basis der experimentellen Bestimmung der Kernumwandlungen je Zeiteinheit beruhen. Damit wurde die alte Definition unbequem, weil praktisch jede Präzisionsmessung durch die Genauigkeit der Messung der Kernumwandlungen je Zeiteinheit in 1 g Radium abhing. Daher wurde die neue Definition (c) geschaffen, die der neuen Meßtechnik entspricht. Der Unterschied zwischen beiden Einheiten ist nur gering, denn die Aktivität von 1 g Radium $\triangleq$ 1 C beträgt $(3{,}67 \pm 0{,}07) \cdot 10^{10}$ Z/s.

Für Radium-Emanation gibt es außerdem noch die Einheit Stat, wobei 1 Stat = $3{,}64 \cdot 10^{-7}$ C ist.

Neben der Aktivität ist oft die auf die Massen-, Volumen- oder Flächeneinheit bezogene Aktivität von Interesse. Die auf die Masseneinheit bezogene Aktivität wird gewöhnlich als spezifische Aktivität bezeichnet. Als Einheit wird der Quotient aus einer Aktivitätseinheit und einer Masseneinheit (z. B. mc/g) verwendet. Dabei ist jedoch darauf zu achten, daß es üblich ist, einmal die Aktivität auf die gesamte Masse des Präparates, zum andern aber die Aktivität nur auf die Masse des radioaktiven Elements zu beziehen. Die auf die Volumeneinheit bezogene Aktivität (z. B. μc/l) wird gewöhnlich bei flüssigen radioaktiven Präparaten benutzt und häufig ebenfalls als spezifische Aktivität bezeichnet.

Die auf die Flächeneinheit bezogene Aktivität, die sogenannte Oberflächenaktivität, hat besonders im Kernwaffenschutz Bedeutung erlangt. Da sich der radioaktive Staub, der bei einer Kernwaffendetonation entsteht, mehr oder weniger gleichmäßig auf der Oberfläche ungeschützter Gegenstände usw. ablagert, ist dieser Begriff hier zweckmäßig. Als Maßeinheit wird im Kernwaffenschutz fast ausschließlich Zerfallsprozesse je Minute und Quadratzentimeter (Z/min · cm^2) benutzt. Die Oberflächenaktivität wird entweder mit Hilfe einer Zählrohranordnung bei konstanter, bekannter Geometrie oder mit Hilfe eines definierten Wischtestes [s. Kerntechnische Messungen (3) in radio und fernsehen 22 (1959) S. 719] gemessen.

Als weitere Einheiten dieser Art kann man noch das Eman und die Mache-Einheit, Einheiten der Emanationskonzentration im Wasser nennen. 1 Eman = 10^{-10} C/l.

1 ME = 10^{-10} Stat/l = $3{,}64 \cdot 10^{-10}$ C/l.

Tabelle 1 gibt die Umrechnungsfaktoren für die gebräuchlichsten Aktivitätseinheiten an.

Die Aktivität eines radioaktiven Präparates bleibt nicht konstant, sondern klingt mit der Zeit langsam ab, was durch den radioaktiven Zerfall bedingt ist. Wenn N die Anzahl der zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhandenen Atomkerne des radioaktiven Nuklids ist, beträgt die Aktivität, d. h. die Zahl der je Zeiteinheit zerfallenden Kerne

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N. \tag{1}$$

λ ist dabei die Zerfallskonstante, ihre Dimension s^{-1}. Durch Integration von (1) erhält man das radioaktive Zerfallsgesetz:

$$N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}, \tag{2}$$

wobei N (t) die Zahl der zur Zeit t noch vorhandenen Kerne des radioaktiven Nuklids angibt, wenn N_0 die ursprünglich vorhandene Anzahl ist. Für die Aktivität gilt wegen der Proportionalität zwischen A und N ganz analog:

$$A(t) = A_0\, e^{-\lambda t}. \tag{3}$$

Für praktische Zwecke ist es oft bequemer, mit der Halbwertszeit zu rechnen. Eine Umformung von (3) ergibt

$$A(t) = A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} \tag{4}$$

mit der Halbwertszeit $T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0{,}693}{\lambda}$. Sie ist gleich der Zeit, in der die Aktivität auf die Hälfte abgeklungen ist.

In Tabelle 2 sind die Werte von $2^{-\frac{t}{T}}$ in Abhängigkeit von $\frac{t}{T}$ dargestellt.

Die Kenntnis der Aktivität erlaubt jedoch keine eindeutige Aussage über die vom Präparat ausgesandte Strahlung. Erst in Verbindung mit dem Zerfallsschema des betreffenden Nuklids können Schlußfolgerungen in dieser Richtung gezogen werden.

Die Bilder 1 und 2 zeigen die vereinfachten Zerfallsschemata des ^{60}Co und des ^{137}Cs.

Tabelle 1

	tpm	tps	rd	c
1 tpm	1	0,0167	$0{,}0167 \cdot 10^{-6}$	$4{,}5 \cdot 10^{-13}$
1 tps	60	1	10^{-6}	$2{,}7 \cdot 10^{-11}$
1 rd	$60 \cdot 10^{6}$	10^{6}	1	$2{,}7 \cdot 10^{-5}$
1 c	$2{,}22 \cdot 10^{12}$	$3{,}7 \cdot 10^{10}$	$3{,}7 \cdot 10^{4}$	1

Tabelle 2

t/T	$2^{-\frac{t}{T}}$	t/T	$2^{-\frac{t}{T}}$
0,0	1,0000	2,2	0,2176
0,1	0,9330	2,3	0,2031
0,2	0,8705	2,4	0,1895
0,3	0,8122	2,5	0,1768
0,4	0,7579	2,6	0,1649
0,5	0,7071	2,7	0,1539
0,6	0,6597	2,8	0,1436
0,7	0,6156	2,9	0,1340
0,8	0,5744	3,0	0,1250
0,9	0,5359	3,5	0,0884
1,0	0,5000	4,0	0,0625
1,1	0,4665	4,5	0,0442
1,2	0,4353	5,0	0,0312
1,3	0,4061	5,5	0,0221
1,4	0,3789	6,0	0,0156
1,5	0,3536	7,0	0,0078
1,6	0,3299	8,0	0,0039
1,7	0,3078	9,0	0,0020
1,8	0,2872	10,0	0,0010
1,9	0,2679	11,0	0,0005
2,0	0,2500	12,0	0,0002
2,1	0,2333	13,0	0,0001

Aus den Abbildungen ist ersichtlich, daß aus der Aktivität eines radioaktiven Präparates weder auf die Qualität noch auf die Quantität der austretenden Strahlung geschlossen werden kann. Während beim ^{60}Co je Zerfallsakt zwei γ-Quanten mit einer Energie von je reichlich 1 MeV ermittelt werden, werden beim ^{137}Cs je Zerfallsakt im Mittel nur 0,92 γ-Quanten mit einer Energie von etwa $^2/_3$ MeV frei. Im weiteren soll zunächst nur die γ-Strahlung betrachtet werden.

Die γ-Quanten stellen einen Energiestrom J_γ dar, der von dem radioaktiven Präparat der Aktivität A ausgeht.

$$J_\gamma = A \cdot kq \cdot \overline{E}_\gamma \qquad (5)$$

kq ist dabei die Anzahl der γ-Quanten je Zerfallsprozeß und $\overline{E}_\gamma$ die mittlere Energie der emittierten γ-Quanten.

Die Energiestromdichte oder Intensität der γ-Strahlung I beträgt bei Vernachlässigung von Absorptionserscheinungen in Abstand r von der Quelle, d. h. dem Präparat:

$$I = \frac{A \cdot kq \cdot E_\gamma}{4 \pi r^2}. \qquad (6)$$

Durchdringen γ-Quanten eine Materienschicht der unendlich kleinen Dicke dx, so nimmt ihre ursprüngliche Anzahl n um den Betrag $dn = -n\mu\, dx$ ab. μ ist dabei der Absorptionskoeffizient, der sowohl von der Energie der γ-Strahlung, als auch von der Beschaffenheit des absorbierenden Materials abhängig ist.

Die Energie der absorbierten γ-Quanten wird dabei am Orte ihrer Absorption bzw. dessen näherer Umgebung zur Ionisierung der Materie aufgebraucht. Streu- oder Sekundärprozesse, bei denen Energie weiter wegtransportiert wird, können im allgemeinen vernachlässigt werden, weil in genügend großen homogenen Anordnungen in ein kleines Volumenelement im Mittel genausoviel Energie durch solche Vorgänge hinein- wie hinausgetragen wird.

Die in der Zeiteinheit absorbierte Energie, bezogen auf die Masseneinheit des absorbierenden Stoffes, wird als Dosisleistung bezeichnet. Die Dosisleistung P hängt eng mit der Intensität I zusammen.

$$P = \frac{\mu \cdot I}{\varrho} \qquad (7)$$

μ = Absorptionskoeffizient des absorbierenden Stoffes,

ϱ = Dichte des absorbierenden Stoffes.

Aus historischen Gründen ist es jedoch nicht üblich, die Einheit der Dosisleistung auf diese Weise zu definieren. Man wählt vielmehr als Einheit den Quotienten aus einer Dosis- und einer Zeiteinheit. Die gebräuchlichste Einheit ist dabei das Röntgen je Stunde (r/h).

(Über „Röntgen" siehe weiter unten.)

Betrachtet man die Verteilung der Dosisleistung in der Nähe eines γ-Strahlers in Luft, so kann man sie infolge der geringen Absorption durch folgende Formel darstellen.

$$P = \frac{A \cdot \mu_{Luft} \cdot kq \cdot \overline{E}_\gamma}{4 \pi r^2 \cdot \varrho_{Luft}}. \qquad (8)$$

Es ist üblich, bei γ-Strahlern die Größen μ_{Luft}, kq, E_γ, ϱ_{Luft} und 4π zu k_γ zusammenzufassen und (8) in der Form

$$P = \frac{A \cdot k_\gamma}{r^2} \qquad (9)$$

darzustellen. $k_\gamma = \frac{\mu_{Luft}\, kq\, E_\gamma}{\varrho_{Luft}\, 4\pi}$ wird als spezifische Dosisleistung, auch Dosiskonstante oder Ionisierungskonstante, bezeichnet. Ihre Maßeinheit ist $\frac{r\, m^2}{h\, c}$ oder auch die um den Faktor 10 kleinere Einheit $\frac{r\, cm^2}{h\, mc}$.

Das Produkt aus der Aktivität und der spezifischen Dosisleistung wird oft zur Charakterisierung der Stärke einer γ-Strahlungsquelle (meist γ-Aktivität genannt) benutzt. Die Einheit ist das r h m (Röntgen je Stunde in 1 m Entfernung). Bezogen auf die benutzten Maßeinheiten hat es die Dimension $\frac{r\, m^2}{h}$. Eine andere Einheit für die Aktivität von γ-Strahlungsquellen ist das Gramm-Äquivalent-Radium (gä-Ra).

Wenn die γ-Strahlung eines punktförmigen Präparates in 1 cm Abstand die gleiche Dosisleistung hervorruft wie die Strahlung eines punktförmigen Präparates von 1 g Radium (gefiltert mit 0,5 mm Pt) in 1 cm Abstand, dann hat es die Stärke von 1 gä-Ra.

Da die gefilterte Strahlung von 1 g Ra in 1 cm Abstand eine Dosisleistung von 8400 r/h hervorruft, entspricht 1 gä-Ra = 0,84 r h m.

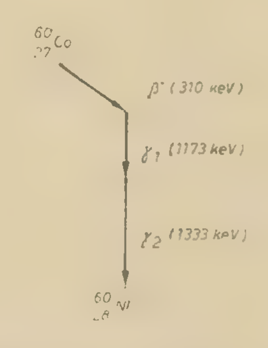


Bild 1: Zerfallsschema des ^{60}Co (vereinfacht)

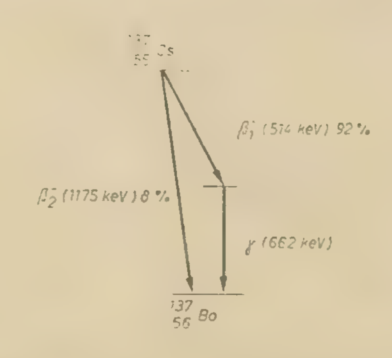


Bild 2: Zerfallsschema des ^{137}Cs (vereinfacht)

Einheiten der Kernstrahlungsdosis

Meist sollen die Maßeinheiten der Kernstrahlungsdosis in letzter Konsequenz eine Aussage über den biologischen Schaden ermöglichen, den eine auf den menschlichen oder tierischen Körper einwirkende Kernstrahlung ausübt.

Es gibt jedoch bisher keine physikalische Methode, die eine direkte Messung des biologischen Strahlungsschadens ermöglicht. Lediglich einige für die Massendosimetrie zur Zeit noch nicht geeignete biologische Strahlungsschäden-Meßmethoden erlauben eine direkte Messung des Schadens.

Die wichtigsten dieser biologischen Methoden zur Messung des Strahlungsschadens beruhen auf den kernstrahlungsbedingten Effekten: Kationenaustausch durch die Zellmembran hindurch, Fluoreszenzvermehrung bei Blutkörperchen aus dem Knochenmarkpunktat, Ultraschallresistenzänderungen an Zellen und bei hohen Dosen Zellzerfall. Näheres darüber findet man in [1] (Abschnitt: Die biologische Wirkung der ionisierenden Strahlung) und [2] (Abschnitt: Biologische Kernstrahlungsmeßmethoden).

Neben dem Einfluß der RBW¹)-Faktoren hängt die biologische Strahlungswirkung von der in der Volumeneinheit des lebenden Gewebes umgesetzten (absorbierten) Energie ab. Aber auch die absorbierte Energie ist mit den z. Z. gebräuchlichsten Strahlungsdetektoren (Ionisationskammern usw.) nicht direkt meßbar. Die absorbierte Energie hängt jedoch eng mit der Zahl der durch die Kernstrahlung in der Volumeneinheit des durchstrahlten Mediums gebildeten Ionenpaare zusammen, d. h. mit der „Ionendosis". Die Zahl der durch Strahlungseinfluß gebildeten Ionenpaare ist nun, zumindest in der Luft, relativ leicht meßbar.

Um zu der in rem angebbaren biologischen Dosis zu kommen, muß man somit von der in r (Röntgen) gemessenen Ionendosis ausgehen, wobei zwischen diesen beiden Einheiten noch die Energiedosis liegt, die in rep oder rad gemessen wird. Soweit dies für praktische Messungen von Interesse und im Rahmen dieser kurzen Arbeit möglich ist, sollen im folgenden die verschiedenen genannten Einheiten für die Kernstrahlungsdosis erläutert werden.

Das Röntgen (r)

Die älteste und trotz ihrer Mängel auch heute noch nötige Maßeinheit der Röntgen- und

¹) RBW = relative biologische Wirksamkeit.

Tabelle 3

Relative, biologische Wirksamkeit verschiedener Strahlungsarten in „mittlerem" biologischem Gewebe

Strahlungsart	Ionen- bzw. Energiedosis	Biologische Dosis RBW-Faktor
α-Strahlung	1 rep = 1,1 rad	= 10 bis 20 rem
β-Strahlung	1 rep = 1,1 rad	≈ 1 rem
Röntgen- und Gammastrahlung	1 rep = 1,1 rad	≈ 1 rem
langsame Neutronen	1 rep = 1,1 rad	= 1 bis 5 rem
schnelle Neutronen	1 rep = 1,1 rad	= 5 bis 15 rem

Gammastrahlungsdosis ist das r. 1937 wurde folgende Definition des r international anerkannt [3]:

> Das Röntgen soll eine solche Menge von Röntgen- oder Gammastrahlung sein, daß die mit ihr verbundene Korpuskularemission, bezogen auf 0,001293 g Luft (1 cm^3 Luft bei 760 mm Druck und 0 °C), Ionen beiderlei Vorzeichens erzeugt, welche eine freie Elektrizitätsmenge von einer elektrostatischen Ladungseinheit (Esle) mit sich führen.

Damit ist das Röntgen als Einheit der Ionendosis definiert, und zwar entsprechend der elektrostatischen Ladungseinheit als $1{,}3 \cdot 10^{-9}$ Coulomb/cm^3 = $2{,}083 \cdot 10^9$ Ionenpaare je cm^3 Luft bzw. $1{,}61 \cdot 10^{12}$ Ionenpaare je g Luft.

Seit man weiß, daß zur Bildung eines Ionenpaares (1 Ion + 1 Elektron) in Luft im Mittel 32,5 MeV Energie nötig sind, kann die absorbierte Strahlungsenergie in jedem beliebigen Energiemaß ausgedrückt werden. So entspricht 1 r beispielsweise der Energieabgabe von 83,8 erg an 1 g Luft. Für harte Röntgen- und Gammastrahlung (> 0,1 MeV) ist die Energieabgabe an Luft ausreichend genau der Energieabgabe an lebendes Gewebe proportional.

Innerhalb eines Körpers mit sehr unterschiedlichen organischem Aufbau, wie beispielsweise dem des Menschen, ist jedoch die abgegebene Energie in den verschiedenen Gewebearten sehr verschieden.

So ergaben Messungen, daß z. B. bei einer Dosis von 1 r an 1 g weiches Gewebe (oder Wasser) eine Energie von 94 erg, an 1 g Knochengewebe jedoch ≈ 150 erg abgegeben werden.

Das röntgen equivalent physical (rep)

Weil das r definitionsgemäß nur für Röntgen- und Gammastrahlung gilt und die in der Luft gemessene Ionendosis auch bei diesen Strahlungsarten nicht allgemein auf die Energiedosis schließen läßt, wurde das rep als gewebebezogenes Energiedosismaß eingeführt.

1 rep ist diejenige Strahlungsdosis einer beliebigen Kernstrahlungsart, die in 1 g Gewebe (bzw. 1 g Wasser) $1{,}6 \cdot 10^{12}$ Ionenpaare erzeugt, d. h., die ebenso wie 1 r Gammastrahlung in 1 g Gewebe einer Energieabsorption von 94 erg entspricht.

Wegen seiner Gewebebezogenheit wird das rep meist als Gewebedosis oder Gewebe-Energiedosis bezeichnet.

Ein von der Absorberart völlig unabhängiges Dosismaß ist das „Röntgen absorbierte Dosis" (rad). 1 rad entspricht einer in 1 g beliebiger Substanz von beliebiger Kernstrahlung absorbierten Energie von 100 erg. Somit kann man das rad als Maßeinheit der Energiedosis bezeichnen.

Als Maßeinheit der Dosis bei der physikalischen Wirkung der Strahlung auf die verschiedenartigste unbelebte Materie ist das rad wohl von allen Dosiseinheiten am besten geeignet.

Die biologische Wirkung der Strahlung hängt jedoch nicht nur von der in 1 g Gewebe absorbierten Energie ab. Sowohl die Art des durchstrahlten Gewebes als auch die Härte und Art der Strahlung beeinflussen die biologische Wirkung bei gleichem Energieumsatz wesentlich. Um den biologischen Strahlungsschaden direkt ausdrücken zu können, wurde das „röntgen äquivalent man" (rem) eingeführt. Ein rem ist diejenige biologische Dosis einer beliebigen Strahlungsart, die in ihrer biologischen Wirkung einem Röntgen Gammastrahlung entspricht. Diese Definition ist zwar recht anschaulich, aber für praktische Berechnungen würde sie wenig nützen.

Soweit für die verschiedenen konkreten Fälle der Strahlungseinwirkung die „relative biologische Wirksamkeit" (RBW-Faktoren) schon experimentell bestimmt wurde, kann man das rem durch folgende Formel über das gemessene rep berechnen:

$$D\,[\mathrm{rem}] = D\,[\mathrm{rep}] \cdot \mathrm{RBW}$$

Über die bisher ermittelten allgemeinen RBW-Faktoren für die verschiedenen Strahlungsarten für ein „mittleres" menschliches Gewebe findet man bei jedem aus der eigenen experimentellen Arbeit berichtenden Autor andere Angaben, so daß hier versucht werden muß, aus diesen unterschiedlichen Werten wenigstens für einen groben Überblick Mittelwerte oder Wertbereiche anzugeben:

In der sowjetischen Literatur findet man anstatt des rem oft das „biologische Röntgen-Äquivalent" (BRÄ), das ebenso wie das rem definiert ist.

Während in den Forschungsstellen und in der kerntechnischen Industrie bezüglich der Anwendung der verschiedenen Maßeinheiten meist Klarheit herrscht, weil die Bearbeiter gut ausgebildet und mit dem Gegenstand ihrer Arbeit eng verwachsen sind, bereitet dies bei der Ausbildung im Luftschutz, die ja seit einiger Zeit in vielen Betrieben und Wohnbezirken angelaufen ist und die — solange die sowjetischen Vorschläge über die allgemeine und vollständige Abrüstung nicht durch den Zwang aller Völker in die Tat umgesetzt werden — noch wesentlich breitere Kreise erfassen und konkreter werden muß, oft Schwierigkeiten. Die mit Kernstrahlungsmessungen betrauten Luftschutzhelfer (bzw. auch die Lehrkräfte) müssen, da nur relativ wenig kerntechnisch vorgebildete Kräfte zur Verfügung stehen, notgedrungen anderen Berufsgruppen — zweckmäßigerweise elektrotechnischen und chemischen Berufen — angehören.

Für diesen Leserkreis soll abschließend noch kurz auf die Anwendung der Kernstrahlungsmeßeinheiten im Kernwaffenschutz [2], [4], [5], [6] eingegangen werden.

Die im Kernwaffenschutz notwendigen Messungen unterteilt man zweckmäßigerweise in Strahlungsaufklärung, Strahlungskontrolle und Dosimetrie.

Die Strahlungsaufklärung dient zur Feststellung und Abgrenzung radioaktiver Geländeabschnitte und Räume sowie zur Ermittlung der Dosisleistungsverteilung (Karten der Strahlungslage) in diesen Geländeabschnitten.

Zur bloßen Feststellung von Strahlungsfeldern dienen einfache Strahlungsanzeiger [s. radio und fernsehen 5 (1959)], und zur Ermittlung der Dosisleistungsverteilung benutzt man Dosisleistungsmesser [s. radio und fernsehen 7 (1959)], die in r/h geeicht sind.

Bei der Strahlungsaufklärung wird meist nur die Dosisleistung der Gammastrahlung gemessen, da gegen diese die persönliche Schutzausrüstung (Maske, Schutzanzug) wirkungslos ist, weil sie leichter gemessen werden kann als die β- oder gar die α-Strahlung und die β-Strahlung bei Kernspaltungsprodukten sowieso in einem bestimmten Verhältnis (im Mittel wird rund bei jedem 2. β-Zerfall ein γ-Quant frei) zur γ-Strahlung steht und letztlich, weil das r und damit auch das r/h als Maßeinheit im Kernwaffenschutz nur dann eine Aussagekraft besitzt, wenn es sich um Ganzkörperdurchstrahlung handelt, was nur bei γ-Strahlung der Fall ist (die schnellen Neutronen der Sofort-Kernstrahlung können durch Strahlungsaufklärungsmessungen nicht erfaßt werden, da sie nur wenige Sekunden wirken).

Unter den Begriff der Strahlungskontrolle fallen alle Aktivitätsmessungen an Oberflächen von Geräten, Mitteln, am Menschen usw. sowie alle Probenmessungen. Da bei der Strahlungskontrolle hauptsächlich die Betastrahler (verschiedentlich auch Alphastrahler) interessieren, die bei Inkorporation und unmittelbarer Berührung mit der Haut sehr gefährlich werden können, die jedoch die verschiedenen Stellen des Körpers unterschiedlich beeinflussen, sind Dosisleistungsangaben zwecklos. Man mißt deshalb die Oberflächenaktivität in $Z \cdot min^{-1} \cdot cm^{-2}$ (Zerfallsprozesse je Minute je cm^2) bzw. bei Lebensmittelproben in $Z \cdot min^{-1} \cdot cm^{-3}$ oder $Z \cdot min^{-1} \cdot g^{-1}$.

Als Aktivitätsmeßgeräte verwendet man meist batteriebetriebene Zählrohr-Impulsdichtemesser [s. radio und fernsehen 9 (1959)]. Die gemessene Impulsdichte muß entsprechend der jeweiligen Geometrie mit Hilfe von Umrechnungstabellen, Aufsteckskalen oder Eichdiagrammen in $Z \cdot min^{-1} \cdot cm^{-2}$ oder in eine ähnliche Flächen- oder Volumenaktivität umgerechnet werden.

Der Begriff Dosimetrie umfaßt alle Dosismessungen, die im Luftschutz fast ausschließlich mit Ionisationskammer-Dosimetern erfolgen. Hierbei wird aus den gleichen Gründen wie bei den Strahlungsaufklärungsmessungen

nur die Gammastrahlung berücksichtigt, die — da die Ionisation in der Luft gemessen wird — selbstverständlich nur in r angegeben werden kann.

Literatur

[1] Schriftenreihe des Deutschen Roten Kreuzes Nr. 7 (1960): „Die Einwirkung der Kernwaffen auf den menschlichen Organismus und die medizinische Versorgung der Geschädigten", Anonym

[2] K. Langhans: Kernstrahlungsmeßgeräte; 2. Auflage, Verlag des MfNV, Berlin (erscheint 1961)

[3] „Handbook of Radiology, Year Book, published by"; R. H. Morgan, Chigaco, 1955, p. 52

[4] Gluschko u. a.: Kernwaffen und Kernwaffenschutz; Verlag des MfNV, Berlin 1960

[5] K. Langhans: Kernwaffen und ihre Wirkung; Verlag des MdI, Berlin, 1961, Schriftenreihe „Luftschutz" Heft 2

[6] Neumann/Sadilenko; Mehrphasenkernwaffen; Verlag des MfNV, Berlin, erscheint 1961

[7] Gussew N. G.: Leitfaden für Radioaktivität und Strahlenschutz; VEB Verlag Technik, Berlin

Linearverstärker in der Kerntechnik (4)

R. GÄRTNER

Mitteilung aus dem VEB Vakutronik, Dresden

Der übersteuerungssichere Linearverstärker VA-V-82 A[1])

Der erste Teil dieses Beitrages befaßte sich mit einigen der wichtigsten Probleme bei der Dimensionierung von Linearverstärkern. Im folgenden wird die Übersteuerungssicherheit besprochen, die eine besonders bei spektrometrischen Messungen zu beachtende Eigenschaft der Linearverstärker ist. Im Linearverstärker VA-V-82 A, einer Weiterentwicklung des bisher im VEB Vakutronik gefertigten Verstärkers VA-V-82, konnte diese Übersteuerungssicherheit durch besondere Schaltungsmaßnahmen um zwei Größenordnungen verbessert werden.

Begriff der Übersteuerung

Nach den Ausführungen im ersten Teil besteht die Aufgabe des Verstärkers darin, die am Eingang vorhandene Impulsspannung um einen konstanten Faktor V_0' zu verstärken. Der „lineare Bereich" der Verstärkerausgangsspannung, in dem V_0' konstant ist, wird bei großen Eingangsspannungen durch den Aussteuerbereich der Röhrenstufen begrenzt. Während sich große negative Signalspannungen an einer Röhrenstufe lediglich auf eine Sperrung („cut off") der Röhre und damit Begrenzung der Ausgangsspannung auf einen bestimmten Maximalwert auswirken, verursachen große, den Aussteuerbereich in positiver Richtung überschreitende Impulse Gitterstrom.

Bei einer Schaltung mit RC-Kopplung lädt der Gitterstrom den Koppelkondensator zur vorhergehenden Stufe auf. Nach Beendigung des Impulses fließt kein Gitterstrom mehr, die Entladung erfolgt also über den Gitterableitwiderstand. Dieser ist im allgemeinen wesentlich größer als der Widerstand der Gitter-Katodenstrecke (etwa 1 kΩ), so daß die Zeitkonstante der Entladung ebenfalls sehr groß ist (meist 1 ms bis zu 1 s). Folgt nun während dieser Entladung dem ersten großen, übersteuernden Impuls ein zweiter, dessen Höhe innerhalb des linearen Bereiches liegt, so wird seine Höhe am Verstärkerausgang um einen Betrag gegen die Nullinie verschoben sein.

[1]) Mit freundlicher Genehmigung der Redaktion Kernenergie mit einigen Abänderungen übernommen aus „Kernenergie" 3 (1960) S. 209

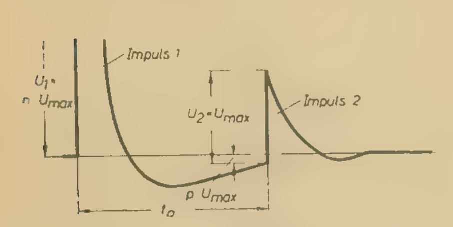


Bild 19: Definition der Auflösungszeit des Verstärkers

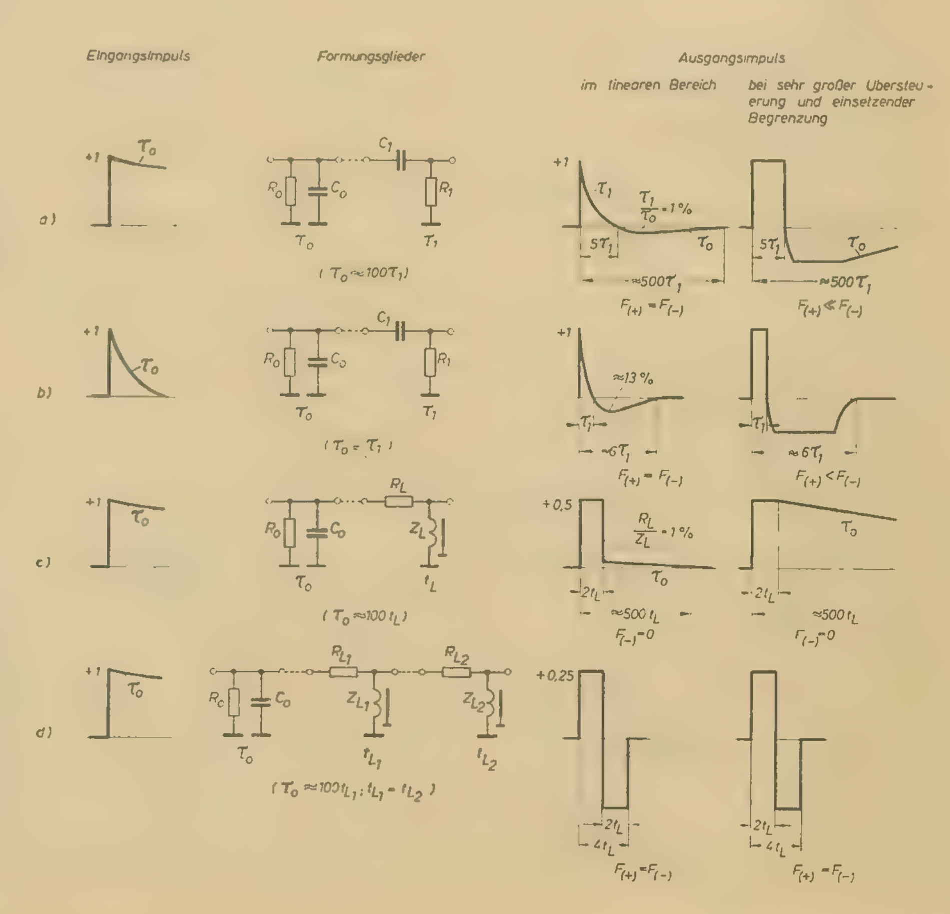


Bild 20: Schematische Darstellung der Schaltungsmöglichkeiten zur Impulsformung in Linearverstärkern; a) einfaches RC-Glied am Verstärkereingang, Zeitkonstante am Detektor sehr groß; b) doppeltes RC-Glied, Zeitkonstante am Detektor ist gleich der Zeitkonstante am Verstärkereingang; c) einfache kurzgeschlossene Verzögerungsleitung (Laufzeit t_L) Zeitkonstante am Detektor sehr groß; d) doppelte Verzögerungsleitung (eine Verzögerungsleitung am Verstärkereingang, eine zweite in der Mitte des Verstärkers mit gleicher Laufzeit), Zeitkonstante am Detektor sehr groß

▶

Ein Impulshöhendiskriminator, der den Scheitelwert des Impulses gegen die Nullinie mißt, zeigt also einen falschen Wert an.
Wie im ersten Teil bereits erwähnt, besitzen die Impulse ein Unterschwingen, das zwar innerhalb des linearen Bereiches vernachlässigbar klein sein kann, bei sehr großen Übersteuerungen jedoch beträchtliche Werte annimmt. Dieses Unterschwingen erscheint an einer der letzten Röhrenstufen mit positiver Polarität. Ruft es an dieser Stufe gleichfalls Gitterstrom hervor, so überlagern sich die Entladevorgänge und werden sehr unübersichtlich. Je nach Größe der Zeitkonstanten werden Zeiten bis zu 0,1 s vergehen, bevor alle Aufladungen abgeklungen sind. Ein Maß für den Abstand, den zwei Impulse ohne wesentliche gegenseitige Beeinflussung bei Übersteuerung voneinander haben müssen, ist die „Auflösungszeit" des Verstärkers. Diese sei wie folgt definiert (Bild 19): Einem Impuls 1, dessen Höhe U_1 die maximale Ausgangsspannung des Verstärkers im linearen Bereich U_{max} n-fach überschreitet, darf ein Impuls 2, dessen Höhe U_2 gerade gleich U_{max} ist, erst nach einer Zeit t_a folgen, wenn die Höhe des Impulses 2 am Verstärkerausgang gegen die Nullinie nicht mehr als $p \cdot U_{max}$ verschoben sein soll.
Übersteuerungssicher ist ein Verstärker dann, wenn die relative Verschiebung p bei z. B. 100 facher Übersteuerung und einer Auflösungszeit von z. B. 10 μs ein bestimmtes Maß, z. B. 10% nicht überschreitet. Die erste Bedingung, die ein übersteuerungssicherer Verstärker erfüllen muß, ist also die Beseitigung des Einflusses von Gitterstrom bei RC-gekoppelten Röhrenstufen oder das Auftreten von Gitterstrom zu verhindern. Die zweite Bedingung ist, daß das dem übersteuernden Impuls folgende Unterschwingen nach der Auflösungszeit t_a mindestens auf einen Betrag $\leq pU_{max}$ abgeklungen oder besser durch die Impulsformung völlig beseitigt sein muß.

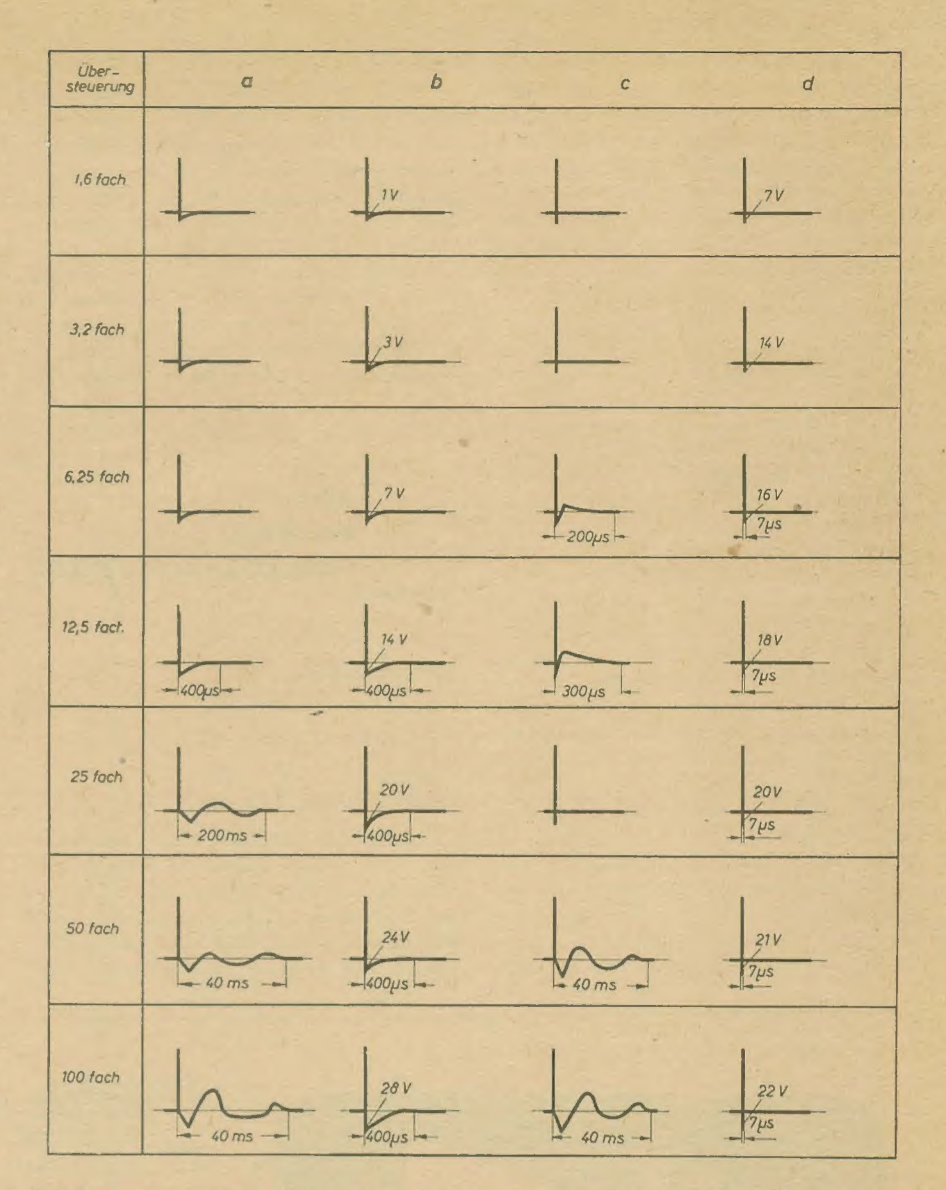


Bild 21: Zusammenstellung der Impulse am Verstärkungsausgang bei verschiedenen Übersteuerungen mit imitierten Szintillationszählerimpulsen ($\tau_0 = 1\,\mu$s), a) $\tau_1 = 100\,\mu$s (ohne Begrenzer), b) $\tau_1 = 100\,\mu$s (mit Begrenzer), c) $\tau_1 = 1\,\mu$s (ohne Begrenzer), d) $\tau_1 = 1\,\mu$s (mit Begrenzer)

Einfluß der Impulsformung auf die Auflösungszeit

Im Bild 20 sind vier verschiedene Möglichkeiten zur Impulsformung schematisch dargestellt. Bei der Formung im Bild 20a erhält man einen Impuls, dessen Verlauf nach Gleichung (28) bestimmt wird: Einem schnellen Abfall mit τ_1 folgt ein Unterschwingen, dessen Größe etwa τ_1/τ_0 beträgt und das mit τ_0 abklingt. Bei großer Übersteuerung wird der Impuls begrenzt, da er den linearen Aussteuerbereich des Verstärkers überschreitet und das Unterschwingen je nach Aussteuerbereich in negativer Richtung weiter verstärkt. Man erhält einen Rechteckimpuls von $\approx 5\,\tau_1$ Breite mit einem nachfolgenden negativen Impuls, der erst nach $5\,\tau_0$, d. h. bei einem üblichen Verhältnis $\tau_1/\tau_0 = 1/100$ nach 500 μs abgeklungen ist. Man erkennt, daß die Auflösungszeit infolge der ungünstigen Impulsformung beträchtlich verlängert wird, ohne daß Gitterstrom fließt. Eine Möglichkeit, die Auflösungszeit zu verbessern, ist die Formung nach Bild 20b durch zwei RC-Glieder mit gleichen Zeitkonstanten $\tau_1 = \tau_0$ z. B. $= 1\,\mu$s. In diesem Falle gilt für den Impulsverlauf nicht mehr die Gleichung (28), sondern:

$$\frac{u_{12}(t)}{U} = \left(1 - \frac{t}{\tau_1}\right) e^{-\frac{\tau_1}{t}}. \qquad (42)$$

Man erhält einen Impuls, der etwas schneller als nach τ_1 abfällt und bei $t = \tau_1$ die Nullinie kreuzt. Das Unterschwingen erreicht bei $t = 2\,\tau_1$ einen Maximalwert von $-0{,}135 \cdot U$ und klingt nach etwa $6\,\tau_1$ gegen Null ab. Da die Dauer des Unterschwingens auch bei Übersteuerung diesen Wert nicht überschreitet, kann also ein zweiter Impuls dem ersten in einer wesentlich kürzeren Zeit folgen, als beim Impuls nach Bild 20a. Die Bilder 20d und 20c zeigen auch noch die Möglichkeiten zur Impulsformung mit kurzgeschlossenen Verzögerungsleitungen [12, 13]. Diese Schaltungen erfordern jedoch einen größeren Aufwand und sollen nur der Vollständigkeit halber angeführt werden.

Untersuchung des Übersteuerungsverhaltens des Linearverstärkers VA-V-82

Zur Untersuchung und Verbesserung der Übersteuerungssicherheit des Linearverstärkers VA-V-82 werden zwei Ausgangsimpulse des Dreifachimpulsgenerators VA-M-18 in einer Formerstufe durch ein Integrationsglied mit einer Zeitkonstante von etwa 0,2 μs und einem Differentiationsglied mit einer Zeitkonstante von 1 μs geformt. Ihr Verlauf stimmt somit mit dem der Impulse des Szintillationszählers VA-S-961 [2] überein. Die Ausgangsspannung der Formerstufe beträgt —1 V. Da die maximale Eingangsspannung des Verstärkers bei einer Verstärkung von 80 dB — 10 mV beträgt, entspricht eine Spannung von —1 V am Verstärkereingang einer 100 fachen Übersteuerung. Mit einem Spannungsteiler am Verstärkereingang kann die Übersteuerung in Stufen von 6 dB verringert werden. Im Bild 21 sind die Oszillogramme der Impulse am Verstärkerausgang bei verschiedenen Übersteuerungen zusammengestellt. Das Verhältnis der Zeitkonstanten τ_1/τ_0 beträgt bei den Messungen a) und b) 100/1 (Bild 20a), während die Messungen c) und d) mit $\tau_1 = \tau_0 = 1\,\mu$s aufgenommen wurden. (Da sich die Zeitkonstante τ_1 am Verstärker verändern läßt, die Differentiationszeitkonstante der Formerstufe dagegen konstant $= 1\,\mu$s ist, wurden diese Messungen im Gegensatz zur Darstellung im Bild 20a mit einem Verhältnis $\tau_1/\tau_0 = 100/1$ durchgeführt. Ein Vertauschen der Zeitkonstanten der beiden RC-Glieder hat jedoch keinen Einfluß auf die Impulsform am Ausgang des zweiten Gliedes,

d. h. auf die Impulsform am Verstärkerausgang).

Zunächst sollen die Ergebnisse der Messungen a) und c), die mit der unveränderten Schaltung des Verstärkers VA-V-82 gewonnen wurden, betrachtet werden. Bei der Messung a) mit großem Verhältnis der Zeitkonstanten wird bis zu einer 12,5 fachen Übersteuerung noch kein Gitterstromeinsatzpunkt innerhalb des Verstärkers überschritten. Erst bei 25-facher Übersteuerung setzt Gitterstrom ein, erkennbar an einem mehrfachen Pendeln des Abklingvorgangs um die Nullinie. Nach 20 ··· 40 ms ist dieser Vorgang beendet.

Bei der Messung c), bei Formung mit zwei gleichen Zeitkonstanten erkennt man bei geringen Übersteuerungen ein größeres Unterschwingen, das jedoch nach 7 μs vollständig abgeklungen ist. Bei 6,25 facher Übersteuerung setzt Gitterstrom ein, der auch hier das Auflösungsvermögen bedeutend verschlechtert.

Es ist nun die Frage zu klären, an welchen Stufen im Verstärker Gitterstrom einsetzt. Betrachtet man im Prinzipschaltbild (Bild 18) die Impulse an den einzelnen Verstärkerstufen, so kommen für eine Übersteuerung nur die Röhren $Rö_2$ und $Rö_5$ in Frage. Während die Röhren $Rö_1$ und $Rö_3$ negativ ausgesteuert werden, ist der Aussteuerbereich der $Rö_4$ infolge der Gegenkoppung über R_{81} und R_{55} größer als die maximale Ausgangsspannung $I_{a0} \cdot R_{40}$ der Röhre $Rö_8$. Auch die positiv ausgesteuerten Röhren $Rö_6$ und $Rö_7$ besitzen infolge der Anodenbasisschaltung einen großen Aussteuerbereich. Dagegen beträgt der Aussteuerbereich der Röhren $Rö_2$ und $Rö_5$ nur 2 ··· 3 V. Deshalb wurden bei den Messungen b) und d) an die Anoden der vorhergehenden Röhren $Rö_1$ und $Rö_4$ vorgespannte Begrenzerdioden angeschlossen, die ein Ansteigen der positiven Ausgangsspannung an diesen Punkten über den Aussteuerbereich der folgenden Röhren verhindern.

Die Oszillogramme b) und d) lassen deutlich erkennen, daß tatsächlich nur die Röhren $Rö_2$ und $Rö_5$ übersteuert wurden und daß durch die Begrenzung der Ausgangsspannung an beiden vorhergehenden Röhren jeglicher Gitterstrom vermieden wird. Weiterhin zeigen die Meßergebnisse den Vorteil der Formung mit zwei gleichen Zeitkonstanten $\tau_1 = \tau_0 = 1\ \mu s$ gegenüber der Formung mit unterschiedlichen Zeitkonstanten τ_1/τ_0 bzw. $\tau_0/\tau_1 = 100/1$: die Gesamtimpulsdauer beträgt bei der Doppeldifferentiation selbst bei 100 facher Übersteuerung nur 7 μs, während die Auflösungszeit der Impulsformung nach der Schaltung im Bild 20a infolge des mit der größeren der beiden Zeitkonstanten langsam abklingenden Unterschwingen nicht unter 400 μs liegt.

Wird fortgesetzt

AUS UNSERER VERLAGSPRODUKTION

Johannes Rudorf
Fernmeldebau
Format L 6, etwa 320 Druckseiten,
437 Bilder, 47 Tafeln
Halbleinen etwa 15,— DM
Erscheinungstermin August 1961

Die 3. Auflage des Fachbuches „Fernmeldebau" von Johannes Rudorf, Leipzig, gibt einen umfassenden Überblick über das Gebiet des Fernmeldebaus. In anschaulicher Form und durch zahlreiche Bilder unterstützt, werden die verschiedenen Technologien des Fernmeldebaus beschrieben. Neben den traditionellen Arbeitsmethoden wird auch die neue Entwicklung des Fernmeldebaus gebührend berücksichtigt. Das Buch wird in der nunmehr vorliegenden wesentlich erweiterten und überarbeiteten Fassung den angehenden Berufspraktikern und Fernmeldemeistern sowie den Teilnehmern der Werktätigenqualifizierung ein wertvolles Hilfsmittel sein. Auch alle anderen im praktischen Fernmeldebau Beschäftigten werden das Fachbuch, das mit zahlreichen Tabellen versehen ist, als Handbuch und Nachschlagewerk verwenden. Sowohl für die Angehörigen der Deutschen Post als auch für Fernmeldebau-Praktiker der Reichsbahn und aller anderen Betriebe und Institutionen, die Fernmeldeanlagen errichten und betreiben, wird es somit eine wertvolle Lehr- und Arbeitsunterlage sein.